

**BAB IV**  
**HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

**4.1 Pemeriksaan Material Agregat**

Agregat merupakan hasil utama dari lapisan perkerasan jalan yang terdiri dari agregat halus dan agregat kasar. Selanjutnya dilakukan beberapa jenis pengujian untuk mengetahui kelayakan dari agregat tersebut. Hasil dari pengujian agregat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Dasar Agregat

No	Nama Pengujian	Hasil Pengujian	Spesifikasi	Satuan	Standar
1	Berat benda uji dalam air	934,4		gram	SNI 2489 : 1991
2	Berat jenis SSD agregat halus	2,56		gram	
3	Berat jenis SSD agregat kasar	2,7	min 2,6	gram	
4	Berat jenis curah kering (bulk)	2,6		gram	
5	Berat jenis semu	2,79		gram	SNI 1969 : 2008
6	Penyerapan air agregat halus	5,0		%	
7	Penyerapan air agregat kasar	2,06	max 5,0	%	SNI 1970 : 2008
8	Pengujian abrasi	30,964		%	

Berdasarkan hasil dari pengujian pada Tabel 4.1 maka agregat kasar dan Agregat halus telah memenuhi persyaratan sebagai bahan yang akan digunakan pada penelitian ini untuk campuran aspal.

#### **4.2 Aspal Penetrasi 60/70**

Aspal yang digunakan pada penelitian ini merupakan aspal penetrasi 60/70. Agar mengetahui kelayakan dari aspal tersebut, maka akan dilakukan beberapa jenis pengujian untuk mengetahui kelayakan aspal tersebut. Adapun beberapa jenis pengujian aspal penetrasi 60/70 sebagai berikut :

1. Penetrasi aspal

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, didapat hasil untuk penetrasi sebesar 66. Semakin besar angka penetrasinya, maka tingkat kekerasannya semakin rendah. Adapun hasil pengujian penetrasi bisa dilihat pada Tabel 4.2

2. Titik lembek

Pengujian titik lembek bertujuan agar mengetahui bagaimana perubahan temperatur dari benda uji. Pemeriksaan titik lembek agar mengetahui kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur. Dari hasil yang telah didapatkan maka temperatur titik lembek sebesar 56. Adapun hasil pengujian titik lembek bisa dilihat pada Tabel 4.2

3. Berat jenis

Berat jenis aspal bisa diketahui dengan perhitungan analisa campuran. Pada pemeriksaan berat jenis didapatkan hasil sebesar  $1,009 \text{ gr/cm}^3$ . Adapun hasil pengujian berat jenis bisa dilihat pada Tabel 4.2

4. Kehilangan minyak

Pemeriksaan berikutnya yaitu kehilangan minyak. Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui pengurangan berat dari benda uji akibat penguapan bahan. Dari pengujian yang dilakukan maka nilai yang didapatkan sebesar 0,016. Adapun hasil kehilangan minyak bisa dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Hasil Pengujian aspal

No	Nama Pengujian	Hasil Pengujian	Spesifikasi	Satuan	Standar
1	Penetrasi	66	60-70	0,1 mm	SNI 06-2456:1991
2	Titik Lembek	56	$\geq 48$	$^{\circ}\text{C}$	SNI 2434:1991
3	Berat Jenis Kehilangan	1,009	$\geq 1$	Cm	SNI 06-2441-1991
4	Minyak	0,016	$\leq 0,8$	%	SNI 06-2441-1991

### 4.3 Hasil Perencanaan Campuran Aspal dengan *Latex*

Aspal yang telah dilakukan beberapa pengujian sebelumnya akan ada tahap selanjutnya yaitu pencampuran aspal dan latex. Kadar *latex* yang digunakan pengujian ini yaitu dengan pembagian 0%, 3%, 5% dan 7%. Agar mengetahui pengaruh perencanaan campuran dari *latex* terhadap aspal, maka dilakukan pengujian yang sama seperti pengujian aspal penetrasi 60/70. Adapun beberapa jenis pengujian aspal penetrasi 60/70 dengan campuran *latex* sebagai berikut :

#### 1. Penetrasi aspal

Pengujian yang telah dilakukan dengan menggunakan *latex*, didapat hasil untuk penetrasi aspal paling tinggi dengan campuran *latex* 3% yaitu sebesar 57,88. Adapun hasil pengujian penetrasi keseluruhan dengan menggunakan *latex* bisa dilihat pada Tabel 4.3

#### 2. Titik lembek

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan. Pemeriksaan titik lembek dengan menggunakan *latex* 3% didapatkan maka temperatur titik lembek yaitu sebesar 51,5. Adapun hasil pengujian titik lembek keseluruhan dengan menggunakan *latex* bisa dilihat pada Tabel 4.3

#### 3. Berat jenis

Pada pengujian berat jenis menggunakan kadar *latex* sebesar 3% didapatkan hasil yaitu sebesar 1 gr/cm<sup>3</sup>. Adapun hasil pengujian berat jenis keseluruhan dengan menggunakan *latex* bisa dilihat pada Tabel 4.3

#### 4. Kehilangan minyak

Pengujian yang terakhir yaitu kehilangan minyak. Dari hasil pengujian yang didapatkan maka pengujian kehilangan minyak dengan menggunakan

*latex* 3% yaitu sebesar 0,199. Adapun hasil kehilangan minyak keseluruhan dengan menggunakan *latex* bisa dilihat pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Hasil Pengujian aspal dengan *latex*

Pengujian	Hasil Pengujian Aspal yang ditambah dengan <i>latex</i>				Spesifikasi	Standar
	0	3	5	7		
Penetrasi (0,1 mm)	66	57,8	55,7	54,8	SNI 06-2456-1991	50-70
Titik Lembek (°C)	56	51,5	52	51,5	SNI 2434:1991	≥48
Berat Jenis	1,009	1	1	1	SNI 06-2441-1991	≥1
Kehilangan Minyak (°C)	0,016	0,199	0,239	0,332	SNI 06-2441-1991	≤0,8

#### 4.4 Hasil Data Pengujian Perendaman *Marshall*

Pengujian perendaman *Marshall* agar mengetahui durabilitas campuran. Pengujian rendaman dilakukan untuk mengukur kinerja ketahanan campuran terhadap kerusakan yang disebabkan oleh air. Dari hasil pengujian ini didapatkan stabilitas *Marshall* campuran setelah dipengaruhi oleh air.

Untuk hasil pengujian *Marshall* lama waktu saat perendaman benda uji yaitu 30 menit.

##### 4.4.1 Pengaruh Presentase Kadar Aspal dan Campuran *Latex* Terhadap Nilai Kepadatan (*Density*)

Nilai *density* menunjukkan besarnya pengaruh suatu campuran yang sudah dipadatkan. *Density* yang memiliki nilai tinggi lebih kuat menahan beban yang lebih berat, dibandingkan dengan campuran yang mempunyai nilai *density* yang rendah. Nilai *density* sangat dipengaruhi oleh kualitas dan komposisi dari bahan yang telah disusun dan telah mengalami cara pemadatan yang benar. Suatu

campuran akan memiliki *density* yang tinggi jika mempunyai butir yang berbentuk tidak seragam, tingginya kadar aspal, porositas, rendahnya butiran.

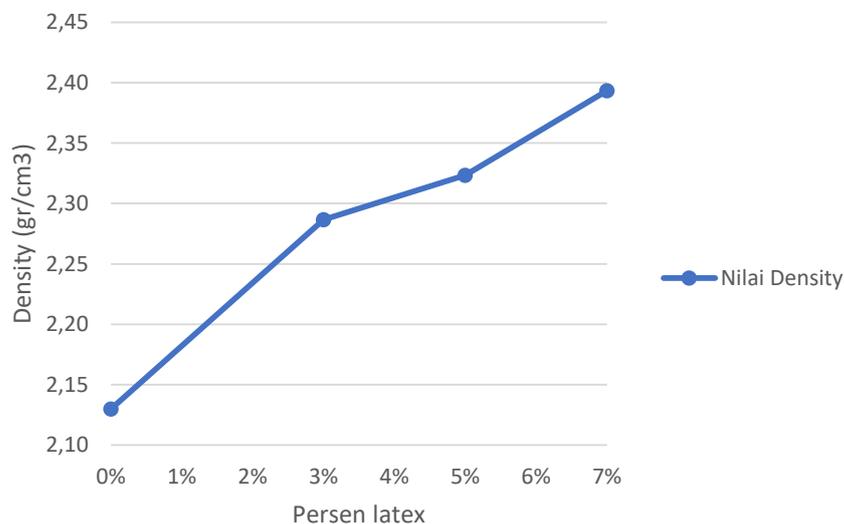
Hasil nilai *density* dengan masing – masing variasi kadar aspal dan campuran *latex* dapat dilihat pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Nilai *density*

Karakteristik <i>marshall</i>	Spesifikasi	Campuran aspal 4,5% dengan <i>latex</i>			
		0%	3%	5%	7%
<i>Density</i>	-	2,13	2,29	2,32	2,39

Dalam spesifikasi Umum Bina Marga 2010, nilai *density* tidak memiliki persyaratan khusus.

Berdasarkan hasil yang didapatkan setelah pengujian maka dapat dilihat bahwa nilai *density* tertinggi pada kadar aspal 4,5% dengan *latex* 7% adalah 2,39 gr/cm<sup>3</sup>. Nilai yang didapatkan semakin meningkat. Hubungan antara *density* dengan kadar aspal campuran *latex* bisa dilihat dalam bentuk Gambar 4.1



Gambar 4.1 Nilai hubungan *density*

Berdasarkan pengujian terhadap benda uji *marshall*, maka hubungan antara masing – masing variasi kadar aspal setelah dicampur *latex* dapat dilihat pada gambar 4.1. Dari hasil Gambar 4.1 menunjukkan jika semakin tinggi kadar *latex*

yang diberikan maka nilai *density* yang dihasilkan akan mengalami kenaikan dan kenaikannya tidak terlalu tinggi, penyebabnya yaitu setiap penambahan kadar *latex* akan mengisi rongga di antara butiran agregat, sehingga rongga dalam campuran akan menjadi lebih kecil dan rapat.

#### 4.4.2 Pengaruh Presentase Variasi Kadar Aspal dan Campuran *Latex* Terhadap *Voids in the Mineral Aggregate (VMA)*

VMA (*Voids in the Mineral Aggregate*) yaitu rongga yang ada diantara agregat dalam campuran agregat yang telah dipadatkan, lalu dinyatakan sebagai presentase dari hasil volume suatu campuran agregat aspal. Besarnya nilai VMA juga dipengaruhi oleh kadar aspal, jika gradasi dan bentuk agregat mengalami pemadatan maka itu tergantung dari jumlah dan temperatur pemadatan. VMA berguna untuk menampung aspal dan volume rongga udara yang akan diperlukan dalam campuran aspal yang panas.

Jika kadar aspal yang berlebihan maka dapat perubahan dari nilai VMA lebih besar, hal ini disebabkan jika aspal menjadi lebih tebal dan jarak antara agregat menjadi lebih besar.

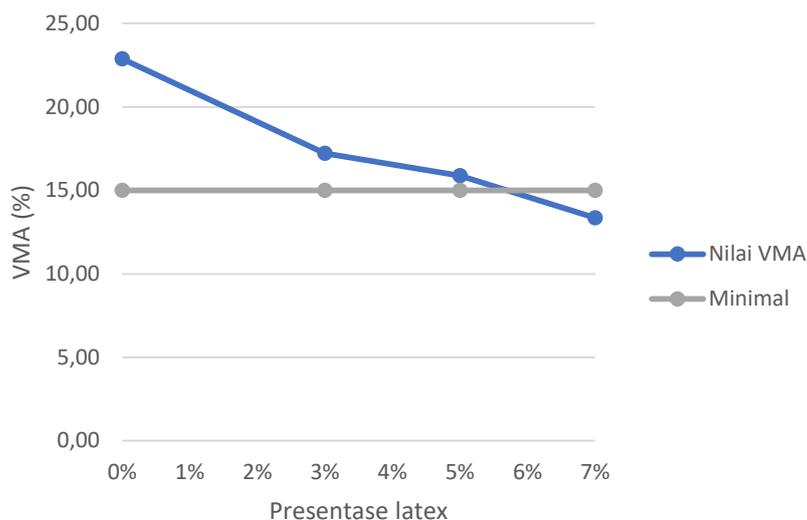
Nilai VMA untuk masing- masing kadar aspal dan campuran *latex* bisa dilihat pada Tabel 4.5

Tabel 4.5 Nilai VMA

Karakteristik marshall	Spesifikasi	Campuran aspal 4,5% dengan <i>latex</i>			
		0%	3%	5%	7%
VMA	>15	22,89	17,22	15,89	13,36

Berdasarkan perhitungan menyatakan di atas bahwa nilai VMA yang terendah didapat pada kadar aspal 4,5 % dengan *latex* 7% adalah 13,36 %. Nilai kadar selanjutnya akan berbebeda – beda setelah penambahan dari kadar *latex*.

Hubungan antara VMA dengan kadar aspal campuran *latex* bisa dilihat dalam bentuk Gambar 4.2



Gambar 4.2 Nilai hubungan VMA

Pada gambar 4.2 dillihatkan bahwa dengan penambahan *persentase latex* pada masing – masing variasai kadar aspal mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena telah diperkirakan karena adanya perubahan susunan rongga antara agregat dalam campuran. Faktor yang menyebabkan terjadinya perubahan campuran yaitu pemadatan agregat kasar yang pecah dan mengakibatkan jumlah rongga antara agregat menjadi lebih besar.

#### 4.4.3 Pengaruh Presentase Kadar Aspal dan Campuran *Latex* Terhadap Nilai VIM (*Voids In The Mix*)

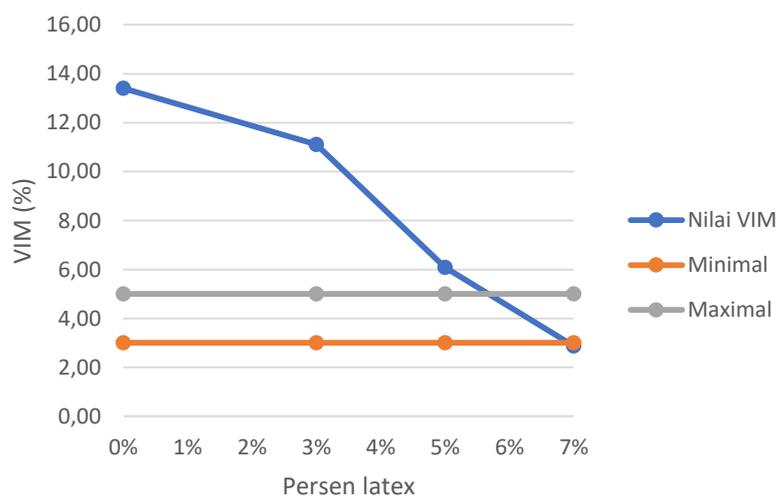
VIM (*Voids In The Mix*) menyatakan bahwa jumlah presentase rongga dalam campuran. Nilai VIM berpengaruh pada kadar aspal, gradasi agregat dan tata cara pemadatan campuran. VIM dapat mengetahui tingkat kekedapan campuran, jika semakin besar nilai VIM akan semakin besar juga rongga yang ada didalam campuran, dengan ini menunjukkan bahwa campuran semakin kurang kedap terhadap air dan udara, selanjutnya campuran menjadi mudah untuk teroksidasi lalu diserap air, jika penyebab ini bisa terjadi dapat terjadinya kerusakan pada perkerasan. Nilai VIM untuk masing- masing kadar aspal dan campuran *latex* bisa dilihat pada Tabel 4.6

Tabel 4.6 Nilai VIM

Karakteristik marshall	Spesifikasi	Campuran aspal 4,5% dengan <i>latex</i>			
		0%	3%	5%	7%
VIM	3 -5 %	13,41	11,11	6,09	2,88

Berdasarkan perhitungan menyatakan bahwa nilai VIM yang terendah didapat pada kadar aspal 4,5 % dengan *latex* 7% adalah 2,88%. Nilai kadar selanjutnya akan berbebeda – beda setelah penamabahan dari kadar *latex*.

Hubungan antara VIM dengan kadar aspal campuran latex bisa dilihat dalam bentuk Gambar 4.3



Gambar 4.3 Nilai hubungan VIM

Dari Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa nilai VIM pada kedua variasi campuran hampir sama. Nilai VIM mengalami penurunan disetiap kenaikan *persentase latex*. Hal ini disebabkan karena disetiap penambahan kadar *latex* akan mengisi rongga yang ada dalam campuran semakin kecil.

#### 4.4.4 Pengaruh Presentase Kadar Aspal dan Campuran *Latex* Terhadap Nilai VFA (*Voids In Filled with Asphalt*)

VFA (*Voids In Filled with Asphalt*) yaitu nilai yang menampilkan besarnya rongga di dalam sebuah campuran yang disisi oleh aspal. Nilai VFA menentukan besarnya tingginya keawetan sebuah campuran, jika semakin tinggi nilai VFA, maka rongga yang di dalam campuran yang berisi oleh aspal yang lebih besar, sehingga kededapan campuran akan makin besar juga.

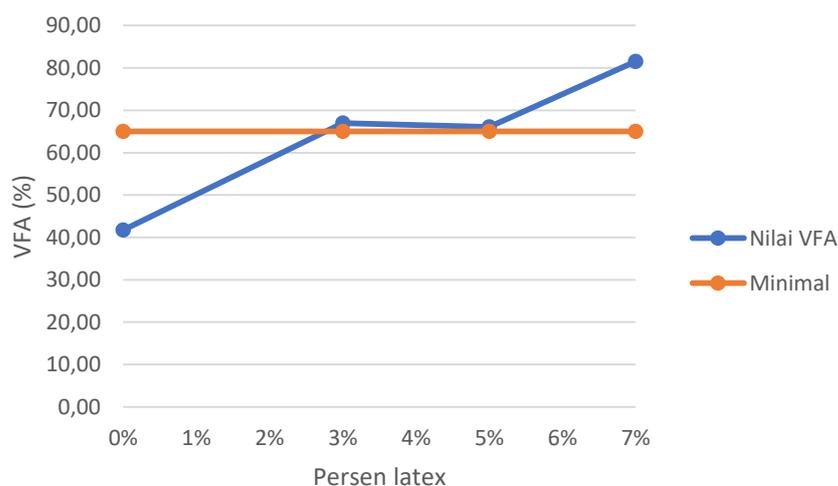
Nilai VFA untuk masing- masing kadar aspal dan campuran *latex* bisa dilihat pada Tabel 4.7

Tabel 4.7 Nilai VFA

Karakteristik marshall	Spesifikasi	Campuran aspal 4,5 % dengan <i>latex</i>			
		0%	3%	5%	7%
VFA	65%	41,73	66,99	66,04	81,55

Berdasarkan perhitungan menyatakan bahwa nilai VFA yang tertinggi didapat pada kadar aspal 4,5 % dengan *latex* 7% adalah 81,55%. Nilai kadar selanjutnya akan berbebeda – beda setelah penamabahan dari kadar *latex*.

Hubungan antara VFA dengan kadar aspal campuran *latex* bisa dilihat dalam bentuk Gambar 4.4



Gambar 4.4 Nilai hubungan VFA

Pada Gambar 4.4 menunjukkan bahwa nilai VFA dengan penambahan kadar *persentase latex* masing – masing variasi campuran mengalami kenaikan. Hal ini disebabkan terjadinya rongga yang cukup di dalam campuran untuk menampung aspal.

#### 4.5 Analisis Nilai *Marshall*

Nilai *Marshall* dihasilkan dengan nilai stabilitas, kelelahan (*flow*) dan hasil *Marshall Quotient* (MQ). Nilai ini hasil dari besaran yang telah diukur langsung dari pengujian saat percobaan benda uji yang telah dibebani sebuah alat *Marshall*.

##### 4.5.1 Pengaruh Presentase Kadar Aspal dan Campuran *Latex* Terhadap Nilai Stabilitas

Nilai stabilitas yaitu tingginya kemampuan perkerasan ditahan dengan beban tanpa terjadi perubahan bentuk awal, ditetapkan dalam satuan beban. Perkerasan yang mempunyai nilai stabilitas yang tinggi lebih mampu menahan beban lalu lintas yang besar, akan tetapi stabilitas yang terlalu tinggi dapat terjadi kekakuan terhadap campuran, maka perkerasan lebih mudah terjadi keretakan saat menerima beban lalu lintas.

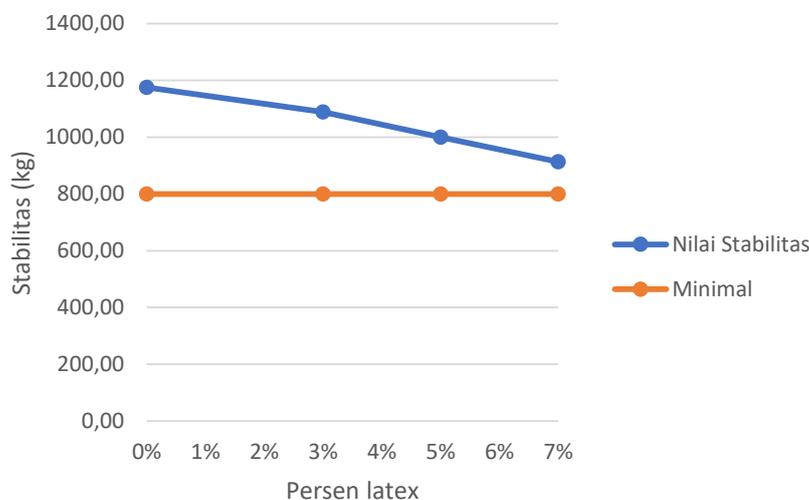
Nilai stabilitas untuk masing- masing kadar aspal dan campuran *latex* bisa dilihat pada Tabel 4.8

Tabel 4.8 Nilai stabilitas

Karakteristik marshall	Spesifikasi	Campuran aspal 4,5 % dengan <i>latex</i>			
		0%	3%	5%	7%
Stabilitas	>800 kg	1175,94	1088,42	999,58	912,99

Berdasarkan perhitungan menyatakan bahwa nilai stabilitas yang terendah didapat pada kadar aspal 4,5 % dengan *latex* 7% adalah 912,99 kg. Nilai kadar selanjutnya akan berbebeda – beda setelah penamabahan dari kadar *latex*.

Hubungan antara stabilitas dengan kadar aspal campuran *latex* bisa dilihat dalam bentuk Gambar 4.5



Gambar 4.5 Nilai hubungan stabilitas

Pada penambahan *persentase latex* nilai stabilitas mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena pada saat penambahan *latex* sudah berlebihan, jika hal ini terjadi maka merubah fungsi aspal yang sebelumnya sebagai bahan pengikat menjadi licin antara agregat, dan mengakibatkan turunnya nilai stabilitas campuran.

#### 4.5.2 Pengaruh Presentase Kadar Aspal dan Campuran *Latex* Terhadap Nilai Kelelehan (*flow*)

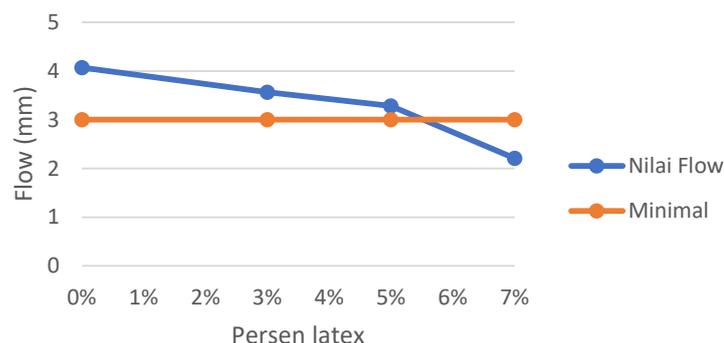
Kelelehan (*flow*) yaitu pengaruh berapa besar penurunan campuran benda uji setelah ditekan sampai mengalamai keretakan dan dinyatakan dalam satuan mm. *Flow* berpengaruh dari kadar aspal, viskositas, gradasi agregat dan temperatur pemadatan. Nilai *flow* untuk masing- masing kadar aspal dan campuran *latex* bisa dilihat pada Tabel 4.9. Nilai *flow* didapat dari hasil langsung pembacaan pada alat *marshall test* saat melakukan pengujian *marshall*.

Tabel 4.9 Nilai *flow*

Karakteristik marshall	Spesifikasi	Campuran aspal 4,5% dengan <i>latex</i>			
		0%	3%	5%	7%
Flow	>3 mm	4,067	3,567	3,283	2,21

Berdasarkan perhitungan menyatakan bahwa nilai *flow* yang terendah didapat pada kadar aspal 4,5 % dengan *latex* 7% adalah 2,21 mm. Jika nilai *flow* rendah maka stabilitas tinggi cenderung menghasilkan campuran aspal yang kaku dan getas, sehingga lebih mudah retak apabila terkena beban lalu lintas yang tinggi dan berat. Nilai *flow* lebih baik cukup flexibel sehingga dapat mengalami berubahnya bentuk tanpa mengalami retakan.

Hubungan antara *flow* dengan kadar aspal campuran *latex* bisa dilihat dalam bentuk Gambar 4.6

Gambar 4.6 Nilai hubungan *flow*

Dari Gambar 4.6 nilai *flow* mengalami penurunan seiring dengan penambah kadar *latex*. Dalam hal ini diperlukan rancangan kadar aspal optimum agar didapatkan campuran yang memiliki nilai stabilitas yang tinggi dan nilai *flow* yang optimum.

#### 4.5.3 Pengaruh Presentase Kadar Aspal dan Campuran *Latex* Terhadap Nilai *Marshall Quotient* (MQ)

*Marshall Quotient* (MQ) yaitu hasil bagi antara stabilitas dan *flow* yang menyatakan pendekatan terhadap kekakuan dan fleksibilitas dari campuran aspal yang panas. Nilai MQ dipengaruhi besarnya nilai stabilitas yang didapatkan dari

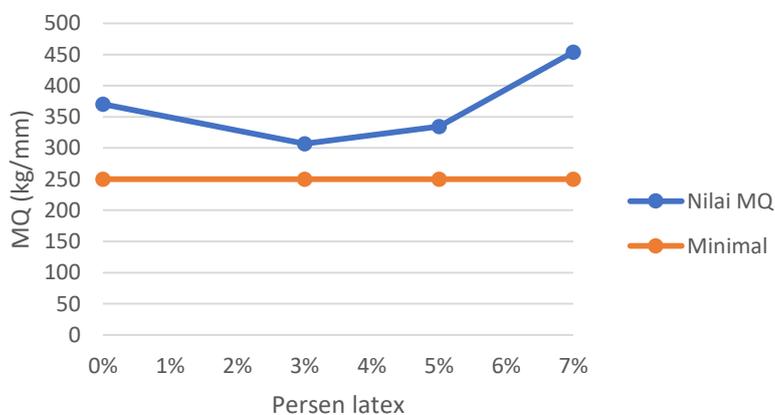
gesekan antara butiran dan saling menguji antara butiran sehingga terjadinya antara partikel agregat dan kohesi campuran, serta nilai flow yang dipengaruhi oleh viskositas, kadar aspal, gradasi bahan susun, dan jumlah tumbukan pada benda uji. Nilai MQ untuk masing- masing kadar aspal dan campuran *latex* bisa dilihat pada Tabel 4.10

Tabel 4.10 Nilai MQ

Karakteristik marshall	Spesifikasi	Campuran aspal 4,5% dengan <i>latex</i>			
		0%	3%	5%	7%
MQ	>250 kg/mm	370,562	306,682	334,473	454,109

Berdasarkan perhitungan menyatakan bahwa nilai MQ yang tertinggi didapat pada kadar aspal 4,5 % dengan *latex* 7% adalah 454,109kg/mm. Nilai kadar selanjutnya akan berbebeda – beda setelah penamabahan dari kadar *latex*.

Hubungan antara stabilitas dengan kadar aspal campuran *latex* bisa dilihat dalam bentuk Gambar 4.7



Gambar 4.7 Nilai hubungan MQ

Dari Gambar 4.7 bisa dilihat bahwa mengalami kenaikan hingga pada *persentase latex* 7%, tetapi *presentase latex* sebelumnya mengalami penurunan. Nilai MQ yang mengalami penurunan diakibatkan aspal berganti fungsi sebagai pelicin sehingga campuran bersifat plastis, dengan nilai stabilitas yang semakin rendah dan *flow* yang tinggi.

#### 4.6 Hasil Perencanaan Campuran Aspal dengan *Latex* Menggunakan Metode *Marshall*

Dari data hasil pengujian *marshall* yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh enam paramter yang harus di penuhi yaitu nilai kerapatan (*denisty*), 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 spesifikasi Umum Bin Marga 2010 Revisi 3.

Pada pengujian kali ini dibuat benda uji dengan 3 variasi. Metode *narrow rangen* merupakan rentang kadar aspal yang memenuhi spesifikasi campuran beraspal dari Dep.Pekerjaan Umum 2010, yaitu: VFA, VIM, VMA, stabilitas, kelelehan dan MQ.

Adapun data hasil pengujian *marhasll* terhadap benda uji dapat dilihat pada Tabel 4.11

Tabel 4.11 Hasil Pengujian *Marhasll*

No	Sifat - sifat campuran	Spesifikasi	Campuran aspal 4,5% dengan <i>latex</i>			
			0%	3%	5%	7%
1	VMA	>15%	22,89	17,22	15,89	13,36
2	VIM	3 -5 %	13,41	11,11	6,09	2,88
3	VFA	>65%	41,73	66,99	66,04	81,55
4	<i>Density</i>	-	2,13	2,29	2,32	2,39
5	Stabilitas	>800 kg	1175,94	1088,42	999,58	912,99
6	<i>Flow</i>	>3 mm	4,067	3,567	3,283	2,21
7	MQ	>250 kg/mm	370,562	306,682	334,473	454,109

Dari pengujian yang telah dilakukan, didapatkan hasil karakteristik *Marshall* dengan menggunakan kadar 4,5% dengan ditambah *latex* dengan variasi kadar 0%, 3%, 5%, 7% maka tidak didapatkan hasil dari Kadar *Latex* Optimum. Hal ini disebabkan karena saat melakukan penambahan kadar *latex* mengisi rongga yang ada dalam campuran semakin kecil jika ditambah kadar *latex* maka nilai VIM semakin mengecil dan nilai VMA mengalami perubahan campuran saat melakukan pengujian dampaknya rongga antara agregat menjadi lebih besar. Kemungkinan dengan ditambahnya kadar aspal sebesar 6 % bisa didapatkan rancangan Kadar Aspal Optimum (KAO).