

## BAB VI

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 6.1. Pemeriksaan Aspal dan Agregat

Sebelum pembuatan sampel, maka perlu dilakukan pemeriksaan bahan-bahan penyusun campuran beraspal, yaitu pemeriksaan aspal dan agregat seperti diuraikan di Bab V. Karena keterbatasan waktu, biaya dan peralatan, maka pemeriksaan aspal meliputi : duktilitas, penetrasi, titik lembek, titik nyala, titik bakar, kelarutan dalam  $CCL_4$ , dan berat jenis aspal. Sedangkan pemeriksaan agregat meliputi : pemeriksaan keausan, analisa saringan, berat jenis, absorpsi, dan kelekatan terhadap aspal.

##### 6.1.1. Pemeriksaan Aspal

Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis AC 60/70. Hasil pemeriksaan dan syarat dapat dilihat pada Tabel 6.1. berikut ini.

Tabel 6.1. Hasil Pemeriksaan dan Syarat Aspal AC 60/70

Hasil Pemeriksaan	Hasil	Syarat *)	
		min	maks
1. Penetrasi (0,1 mm)	63,8	60	79
2. Titik lembek (°C)	49,5	48	58
3. Titik nyala (°C)	355	200	-
4. Berat jenis (gr/cc)	1,092	1	-
5. Kelarutan dalam CCL <sub>4</sub>	99,513	99	-

\*) Sumber : Petunjuk Pelaksanaan Laston Untuk Jalan Raya No.13/PT/B/1983

### 6.1.2. Pemeriksaan Agregat

Agregat yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar (CA) dan agregat halus (FA). Hasil pemeriksaan dan syarat dapat dilihat pada Tabel 6.2. dibawah ini.

Tabel 6.2. Hasil Pemeriksaan dan Syarat Agregat

Jenis Pemeriksaan	Hasil	Syarat *)
1. Keausan dengan mesin Los Angeles pada 500 putaran	37,92 %	maks 40%
2. Kelekatan terhadap aspal	100 %	> 95 %
3. Nilai Sand Equivalent	18,13 %	≤ 50 %
4. Agregat kasar		
- Berat Jenis SSD (gr/cc)	2,5585	-
- Berat Jenis Semu (gr/cc)	2,6695	min 2,5
- Peresapan terhadap air	2,6625%	maks 3 %
5. Agregat halus		
- Berat Jenis SSD (gr/cc)	2,577	-
- Berat Jenis Semu (gr/cc)	2,627	min 2,5
- Peresapan terhadap air	1,214 %	maks 3 %

\*) Sumber: Petunjuk Pelaksanaan Laston untuk Jalan Raya No. 13/PT/B/1983

Setelah melalui beberapa tahap pemeriksaan kualitas agregat, kemudian agregat dianalisa dengan analisa saringan. Hitungan analisa agregat halus dan kasar dapat dilihat pada Tabel 6.3. di bawah ini.

Tabel 6.3. Analisa Saringan Agregat Untuk Kadar Aspal 6,3 %

No Saringan inch	Berat Tertahan		Jumlah Prosen		Spesifikasi*)	
	Tertahan	Jumlah	Tertahan	Lolos	Min	Max
1/2"	0	0	0	100	100	-
7/16"	56,04	56,04	5	95	90	100
5/16"	364,26	420,3	37,5	62,5	50	75
No.4	252,18	672,48	60	40	30	50
No.10	168,12	840,6	75	25	20	30
No.25	67,25	907,85	81	19	13	25
No.60	44,83	952,68	85	15	10	20
No.170	50,44	1003,12	89,5	10,5	8	13
PAN	117,68	1120,8				

\*) Sumber : Dir. Jend. Bina Marga Dept. PU. 1993

Contoh menghitung analisa saringan agregat

1. kadar aspal 6,3 %

$$2. \text{ berat aspal} = \frac{6,3}{100} \times 1200 \text{ gr} = 75,6 \text{ gr}$$

$$3. \text{ berat serat selulosa} = 0,3\% \times 1200 \text{ gr} = 3,6 \text{ gr}$$

$$4. \text{ berat total agregat} = 1200 - (75,6 + 3,6) = 1120,8 \text{ gr}$$

Misalkan No. saringan 7/16"

$$1. \text{ jumlah prosen lolos} = \frac{100 + 90}{2} = 95 \%$$

$$2. \text{ jumlah prosen tertahan} = 100 - 95 = 5 \%$$

$$3. \text{ jumlah berat tertahan} = \frac{1120,8}{100} \times 5 \% = 56,04 \text{ gr}$$

Misalkan No. saringan 5/16"

$$1. \text{ jumlah prosen lolos} = \frac{50 + 75}{2} = 62,5 \%$$

$$2. \text{ jumlah prosen tertahan} = 100 - 62,5 = 37,5 \%$$

$$3. \text{ jumlah berat tertahan} = \frac{1120,8}{100} \times 37,5 \% = 420,3 \text{ gr}$$

$$4. \text{ berat tertahan} = 420,3 - 56,04 = 364,26 \text{ gr}$$

Tabel 6.4. Analisa Saringan Agregat Untuk Kadar Aspal 6,7%

No Saringan inch	Berat Tertahan		Jumlah Prosen		Spesifikasi*)	
	Tertahan	Jumlah	Tertahan	Lolos	Min	Max
1/2"	0	0	0	100	100	-
7/16"	55,8	55,8	5	95	90	100
5/16"	362,7	418,5	37,5	62,5	50	75
No.4	251,1	669,6	60	40	30	50
No.10	167,4	837	75	25	20	30
No.25	66,96	903,96	81	19	13	25
No.60	44,64	948,6	85	15	10	20
No.170	50,22	998,82	89,5	10,5	8	13
PAN	117,18	1116	-	-	-	-

\*) Sumber : Dir. Jend. Bina Marga Dept. PU. 1993

Tabel 6.5. Analisa Saringan Agregat Untuk Kadar Aspal 7,1%

No Saringan inch	Berat Tertahan		Jumlah Prosen		Spesifikasi*)	
	Tertahan	Jumlah	Tertahan	Lolos	Min	Max
1/2"	0	0	0	100	100	-
7/16"	55,56	55,56	5	95	90	100
5/16"	361,14	416,7	37,5	62,5	50	75
No.4	250,02	666,72	60	40	30	50
No.10	166,68	833,4	75	25	20	30
No.25	66,67	900,072	81	19	13	25
No.60	44,45	944,52	85	15	10	20
No.170	50	944,52	89,5	10,5	8	13
PAN	116,68	1111,2	-	-	-	-

\*) Sumber : Dir. Jend. Bina Marga Dept. PU. 1993

Tabel 6.6. Analisa Saringan Agregat Untuk Kadar Aspal 7,5 %

No Saringan inch	Berat Tertahan		Jumlah Prosen		Spesifikasi*)	
	Tertahan	Jumlah	Tertahan	Lolos	Min	Max
1/2"	0	0	0	100	100	-
7/16"	55,32	55,32	5	95	90	100
5/16"	395,58	414,9	37,5	62,5	50	75
No.4	248,94	663,84	60	40	30	50
No.10	165,96	829,8	75	25	20	30
No.25	66,38	896,18	81	19	13	25
No.60	44,28	940,44	85	15	10	20
No.170	49,79	990,23	89,5	10,5	8	13
PAN	116,17	1106,4	-	-	-	-

\*) Sumber : Dir. Jend. Bina Marga Dept. PU. 1993

Tabel 6.7. Analisa Saringan Hasil Agregat Kadar Aspal 7,3 %

No Saringan inch	Berat Tertahan		Jumlah Prosen		Spesifikasi*)	
	Tertahan	Jumlah	Tertahan	Lolos	Min	Max
1/2"	0	0	0	100	100	-
7/16"	55,44	55,44	5	95	90	100
5/16"	360,36	415,8	37,5	62,5	50	75
No.4	249,48	665,28	60	40	30	50
No.10	166,32	831,6	75	25	20	30
No.25	66,528	898,128	81	19	13	25
No.60	44,352	942,48	85	15	10	20
No.170	49,896	992,376	89,5	10,5	8	13
PAN	166,424	1108,8	-	-	-	-

\*) Sumber : Dir. Jend. Bina Marga Dept. PU. 1993

Gradasi yang dipakai dalam analisa saringan ini adalah gradasi CA dan FA, sehingga kebutuhan agregat untuk masing-masing saringan menyesuaikan dengan hitungan pada Tabel di atas. Dari hasil penelitian analisa saringan, bahwa gradasi gabungan memenuhi syarat.

## 6.2. Data dan Hasil Pengujian Marshall

Dalam langkah awal penelitian ini yaitu membuat sampel Marshall dengan variasi kadar aspal 6,3%, 6,7%, 7,1%, dan 7,5%, masing-masing variasi campuran aspal sesuai dengan Tabel di atas. Dari masing-masing variasi dibuat sampel triplo, kemudian dengan pengujian ditentukan kadar aspal optimum. Cara menghitung dan hasil penelitian terdapat pada lampiran No.13.

Urutan penghitungan hasil uji Marshall untuk lebih jelasnya terdapat dalam contoh sebagai berikut :

1. sampel I dengan kadar aspal 6,3 %
2. tebal benda uji = 64,04 mm
3.  $a = \% \text{ aspal terhadap batuan} = \frac{6,3}{100-6,3} \times 100\% = 6,723 \%$
4.  $b = \% \text{ aspal terhadap campuran} = 6,3 \%$
5.  $c = \text{berat kering} = 1164 \text{ gr}$
6.  $d = \text{berat SSD} = 1178 \text{ gr}$
7.  $e = \text{berat dalam air} = 668 \text{ gr}$
8.  $f = \text{isi} = d - e = 1178 - 668 = 510 \text{ gr}$
9.  $g = \text{berat isi sampel} = \frac{c}{f} = \frac{1164}{510} = 2,282 \text{ gr}$
10.  $h = \text{BJ maksimum}$   

$$= \frac{100}{\frac{\% \text{ agregat}}{\text{BJ agregat}} + \frac{\% \text{ aspal}}{\text{BJ aspal}}} = 2,420$$
11.  $i = \frac{b \times g}{\text{BJ aspal}} = 13,165$
12.  $j = \frac{(100 - b) \times g}{\text{BJ agregat}} = 84,884$
13. jumlah kandungan rongga  $(100 - i - j) = 1,951 \%$
14.  $l = (100 - j) \text{ rongga terhadap agregat} = 15,116 \%$

15.  $m = \text{rongga terisi aspal (VFWA)} = 87,093 \%$
16.  $n = 100 - [(100 \times g/h)] = 5,7$
17.  $o = \text{pembacaan arloji stabilitas} = 775$
18.  $p = o \times \text{kalibrasi proving ring} = 2566 \text{ gr}$
19.  $q = p \times \text{koreksi tebal sampel} = 2458,2 \text{ kg}$
20.  $r = \text{flow (kelelehan plastis)} \times 0,01 \times 25,4 = 3,048 \text{ mm}$
21. BJ aspal = 1,092
22. BJ agregat = 2,514
23. Marshall Quotient = stabilitas / flow

Untuk sampel-sampel yang lain perhitungan stabilitas, flow, VITM, dan VFWA seperti contoh di atas.

Tabel 6.8. Rekapitulasi Hasil Uji Marshall Untuk Mencari Kadar Aspal Optimum

Kadar Aspal (%)	Hasil Pengujian					
	Stabilitas (kg)	VITM (%)	VFWA (%)	Flow (mm)	Marshall Quotient (kg/mm)	Density (gr/cc)
6,3	2131,28	7,0003	64,0261	2,624	812,225	2,1606
6,7	2089,63	6,0035	68,9944	2,732	764,871	2,1730
7,1	2473,38	5,0390	74,0956	2,817	878,019	2,1860
7.5	1856,81	3,9281	79,3664	2,971	624,978	2,2000

Selanjutnya untuk urutan penghitungan hasil uji Marshall dengan kadar latex 1% lebih jelasnya terdapat dalam contoh sebagai berikut :



1. sampel I dengan kadar aspal 7,3 %
2. tebal benda uji = 59,10 mm
3.  $a = \% \text{ aspal terhadap batuan} = \frac{7,294}{100-7,294} \times 100\% = 7,863 \%$
4.  $b = \% \text{ aspal terhadap campuran} = 7,294 \%$
5.  $c = \text{berat kering} = 1169 \text{ gr}$
6.  $d = \text{berat SSD} = 1180 \text{ gr}$
7.  $e = \text{berat dalam air} = 647 \text{ gr}$
8.  $f = \text{isi} = d - e = 1180 - 647 = 533 \text{ gr}$
9.  $g = \text{berat isi sampel} = \frac{c}{f} = \frac{1169}{533} = 2,193 \text{ gr}$
10.  $h = \text{BJ maksimum}$   

$$= \frac{100}{\frac{\% \text{ agregat}}{\text{BJ mod}} + \frac{\% \text{ aspal}}{\text{BJ aspal}} + \frac{\% \text{ latex}}{\text{BJ latex}}}$$

$$\text{BJ mod} = \% \text{ CA} \times \text{BJ agr kasar} + \% \text{ FA} \times \text{BJ agr halus}$$

$$= 0,6 \times 2,492 + 0,4 \times 2,546 = 2,514$$

$$= \frac{92,33}{2,514} + \frac{7,29}{1,092} + \frac{0,08}{0,94} = 2,303$$
11.  $i = \frac{b \times g}{\text{BJ aspal}} = 14,642$

$$12. j = \frac{(100 - b) \times g}{100} = 80,697$$

% agregat/BJ Mod + % latex/BJ latex

$$13. k = \text{jumlah kandungan rongga } (100 - i - j) = 4,661 \%$$

$$14. l = (100 - j) \text{ rongga terhadap agregat} = 19,303 \%$$

$$15. m = \text{rongga terisi aspal (VFWA)} = 75,851 \%$$

$$16. n = 100 - [(100 \times g/h)] = 4,766$$

$$17. o = \text{pembacaan arloji stabilitas} = 557$$

$$18. p = o \times \text{kalibrasi proving ring} = 1977 \text{ gr}$$

$$19. q = p \times \text{koreksi tebal sampel} = 2022,47 \text{ kg}$$

$$20. r = \text{flow (kelelehan plastis)} \times 0,01 \times 25,4 = 2,97 \text{ mm}$$

$$21. \text{BJ aspal} = 1,092$$

$$22. \text{BJ agregat} = 2,514$$

$$23. \text{BJ latex} = 0,94$$

$$24. \text{Marshall Quotient} = \text{stabilitas} / \text{flow}$$

Rekapitulasi hasil uji Marshall dengan kadar latex dapat dilihat pada Tabel 6.11. halaman 70.

Dari Grafik Kadar Aspal Design (halaman 74) didapat :

$$1. \text{VITM} = 7,5 \%$$

$$2. \text{Stabilitas} = 7,1 \%$$

$$3. \text{Density} = 7,5 \%$$

$$\text{Kadar aspal optimum (cara AI)} = \frac{7,5 + 7,1 + 7,5}{3} = 7,3 \%$$

Tabel 6.9. Hasil Uji Marshall Tanpa Latex Pada Kadar Aspal Optimum 7,3%

Jenis Penelitian	Hasil	Spec SMA *)
Density (gr/cc)	2,1915	-
Stabilitas (kg)	1953,4	> 750
Flow (mm)	2,91	2 - 4
VITM (%)	4,999	3 - 5
VFWA (%)	75,736	75 - 85
MQ (kg/mm)	670,48	190 - 300

\*) Sumber : Dir. Jend. Bina Marga. DPU

Kadar aspal optimum dipakai untuk menentukan kebutuhan latex. Variasi campuran latex untuk aspal yaitu : 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5% dari kadar aspal. Kebutuhan aspal dan latex sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{berat aspal} &= 7,3\% \times 1200 = 87,6 \text{ gr} \\ \text{berat latex} \quad 0\% &= 0\% \times 87,6 = 0,00 \text{ gr} \\ &1\% = 1\% \times 87,6 = 0,876 \text{ gr} \\ &2\% = 2\% \times 87,6 = 1,752 \text{ gr} \\ &3\% = 3\% \times 87,6 = 2,628 \text{ gr} \\ &4\% = 4\% \times 87,6 = 3,504 \text{ gr} \\ &5\% = 5\% \times 87,6 = 4,380 \text{ gr} \end{aligned}$$

Kebutuhan agregat setiap sampel aspal dapat dilihat pada Tabel 6.10. berikut ini .

Tabel 6.10. Analisa Saringan Agregat Untuk Kadar Aspal 7,3%

No Saringan (inch)	Berat Tertahan		Jumlah Prosen		Spesifikasi*)	
	Tertahan	Jumlah	Tertahan	Jumlah	Min	Max
1/2	0	0	0	100	100	0
7/16	55,440	55,440	5	95	90	100
5/16	360,440	415,800	37,5	62,5	50	75
4 #	249,480	665,280	60,0	40,0	30	50
10 #	166,320	831,600	75,0	25,0	20	30
25 #	66,528	898,128	81,0	19,0	13	25
60 #	44,352	942,480	85,0	15,0	10	20
170 #	49,896	992,376	89,5	10,5	8	13
PAN	116,424	1108,800	100,0	0	-	-

\*)Sumber : Dir. Jend. Bina Marga Dept. PU. 1993

Setelah kebutuhan bahan aspal dihitung, kemudian dibuat sampel sebanyak tiga buah untuk masing-masing variasi latex. Prosedur pembuatan dan pengujian sampel aspal dapat dilihat pada sub Bab V.

البحر الاستراتيجي

Tabel 6.11. Rekapitulasi Hasil Uji Marshall Untuk Mencari Kadar Latex Pada Kadar Aspal Optimum (7,3%)

Kadar Latex (%)	Hasil Pengujian					
	Stabilitas (kg)	VITM (%)	VFWA (%)	Flow (mm)	Marshall Quotient (kg/mm)	Density (gr/cc)
0	1953,4510	4,999	75,736	2,91	671,287	2,1915
1	2006,5090	4,712	76,073	2,98	673,326	2,1944
2	2123,0920	4,332	77,591	3,08	689,315	2,2031
3	2176,0216	3,999	77,997	3,14	693,000	2,2061
4	2254,3040	3,840	78,004	3,26	691,503	2,2067
5	1986,4920	3,693	78,335	3,21	618,845	2,2092

### 6.3. Ringkasan Hasil Penelitian Laboratorium

Dari hasil penelitian laboratorium dapat diambil ringkasan serta dapat dianalisis hubungan antara latex dengan karakteristik hasil uji marshall sebagai berikut ini.

#### 1. Pengaruh latex terhadap stabilitas

Stabilitas menunjukkan kemampuan lapis perkerasan dalam menerima beban lalu-lintas tanpa terjadi perubahan bentuk seperti gelombang, alur, dan "bleeding". Dari Tabel 6.11. dapat dilihat bahwa penambahan latex dapat meningkatkan nilai stabilitas. Peningkatan nilai stabilitas dapat dicapai pada kadar latex 4%, tetapi setelah 4% mengalami penurunan stabilitas. Kenaikkan stabilitas disebabkan aspal masih relatif cukup banyak untuk menyelimuti permukaan butiran, sedangkan pada penambahan kadar latex setelah 4% aspal bebas makin sedikit sehingga stabilitas campuran

menurun. Nilai stabilitas maksimum terjadi pada kadar latex 4% sebesar 2254,304 kg sedangkan stabilitas minimum terjadi pada kadar latex 0% sebesar 1953,45 kg. Pada campuran beraspal tersebut memenuhi persyaratan dan spesifikasi.

## 2. Pengaruh latex terhadap flow

Aspal yang dicampur latex akan distabilisasi oleh serat selulosa, sehingga didapatkan nilai flow yang masih memenuhi spesifikasi (2,0 - 4,0 mm). Nilai flow maksimum terjadi pada kadar latex 4% sebesar 3,263 mm sedang nilai minimum terjadi pada kadar latex 0% sebesar 2,91 mm.

## 3. Pengaruh latex terhadap VITM

Dengan penambahan kadar latex pada campuran beraspal, jumlah kandungan rongga pada campuran akan semakin kecil. Hal ini disebabkan oleh partikel-partikel latex yang dapat mengisi rongga yang ada dalam campuran beraspal.

Nilai VITM maksimum terjadi pada kadar latex 0% sebesar 4,999 % sedang nilai VITM minimum terjadi pada kadar latex 5% sebesar 3,693% maka campuran tersebut memenuhi persyaratan dan spesifikasi.

## 4. Pengaruh latex terhadap VFWA

Dari hasil pengujian Marshall, penambahan latex dapat menaikkan nilai VFWA.

Dengan bertambahnya kadar latex, maka tebal aspal yang menyelimuti agregat akan semakin kecil akibat terdesak oleh

latex dan mengisi rongga yang ada. Dengan demikian adanya latex dapat mendorong lapis aspal lebih banyak mengisi rongga.

Nilai VFWA maksimum terjadi pada kadar latex 5%, sedangkan nilai VFWA minimum pada kadar latex 0% maka campuran tersebut memenuhi persyaratan dan spesifikasi.

#### 5. Pengaruh latex terhadap Marshall Quotient

Nilai Marshall Quotient bisa dipakai sebagai pendekatan untuk mengatur tingkat fleksibilitas dari suatu lapis perkerasan. Nilai itu bergantung pada nilai stabilitas dan nilai flow (kelelehan). Nilai Marshall Quotient menurut Petunjuk Pelaksanaan Parameter Aspal Campuran SMA Untuk Jalan Raya sebesar 190 - 300 kg/mm. Apabila benda uji mempunyai nilai Marshall Quotient lebih rendah dari spesifikasi yang ada, menyebabkan nilai plastisitas perkerasan tinggi sehingga mudah mengalami deformasi. Sebaliknya bila nilai Marshall Quotient lebih besar dari nilai spesifikasi menyebabkan lapis perkerasan menjadi kaku dan mudah mengalami "cracking". Dari Tabel 6.11. diperlihatkan bahwa nilai Marshall Quotient mengalami peningkatan. Dari hasil penelitian yang diperoleh, bahwa nilai Marshall Quotient semakin tinggi dengan bertambahnya kadar latex sampai dengan 3%. Dengan demikian penambahan latex dapat menambah kekakuan campuran SMA.

#### 6. Pengaruh latex terhadap kepadatan (density)

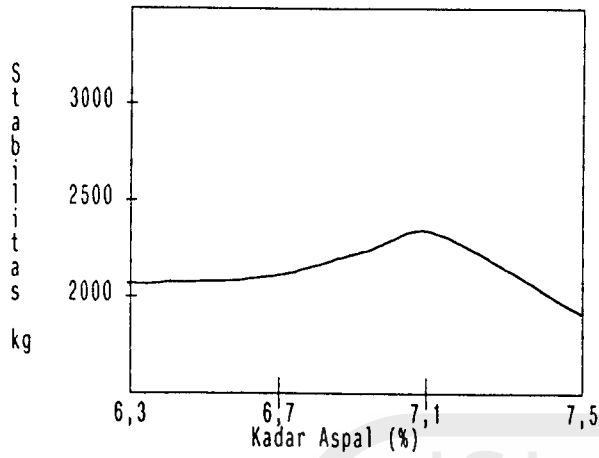
Density menunjukkan kepadatan suatu campuran yang telah dipadatkan. Campuran yang mempunyai kepadatan yang tinggi akan memiliki kekuatan menahan beban lebih tinggi dari pada campuran dengan kepadatan rendah.

Dari Gambar 6.2. terlihat nilai density terus bergerak naik seiring bertambahnya kadar latex, hal ini disebabkan butiran agregat halus dan latex mengisi rongga yang ada didalam campuran sehingga menyebabkan campuran semakin padat. Nilai density maksimum terjadi pada kadar latex 5% sebesar 2,2092 gr/cc dan nilai minimum terjadi pada kadar latex 0% sebesar 2,1915 gr/cc.

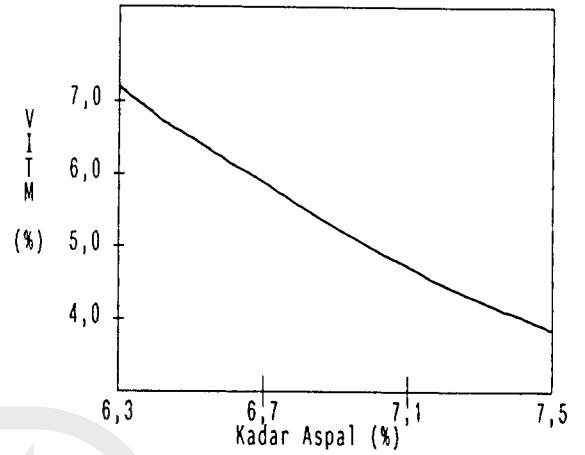




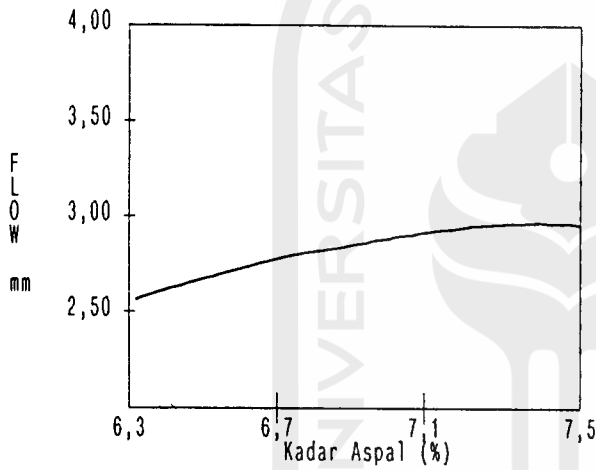
Hubungan antara kadar aspal dengan Stabilitas



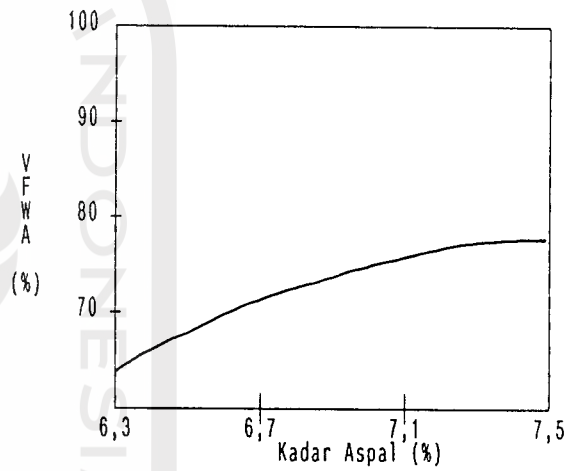
Hubungan antara kadar aspal dengan VITM



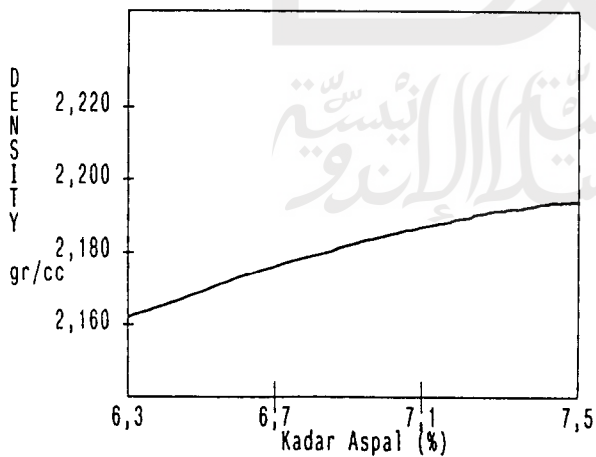
Hubungan antara kadar aspal dengan Flow



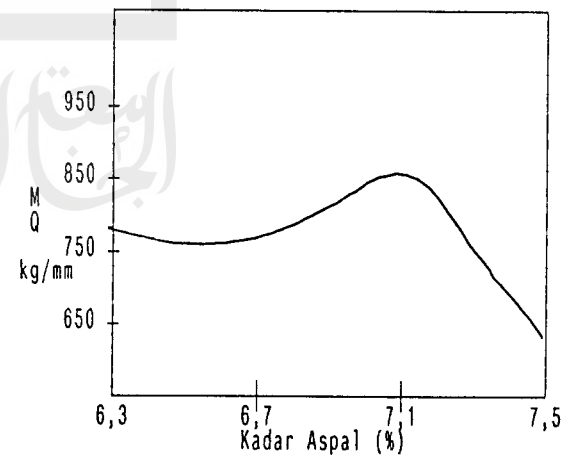
Hubungan antara kadar aspal dengan VFWA



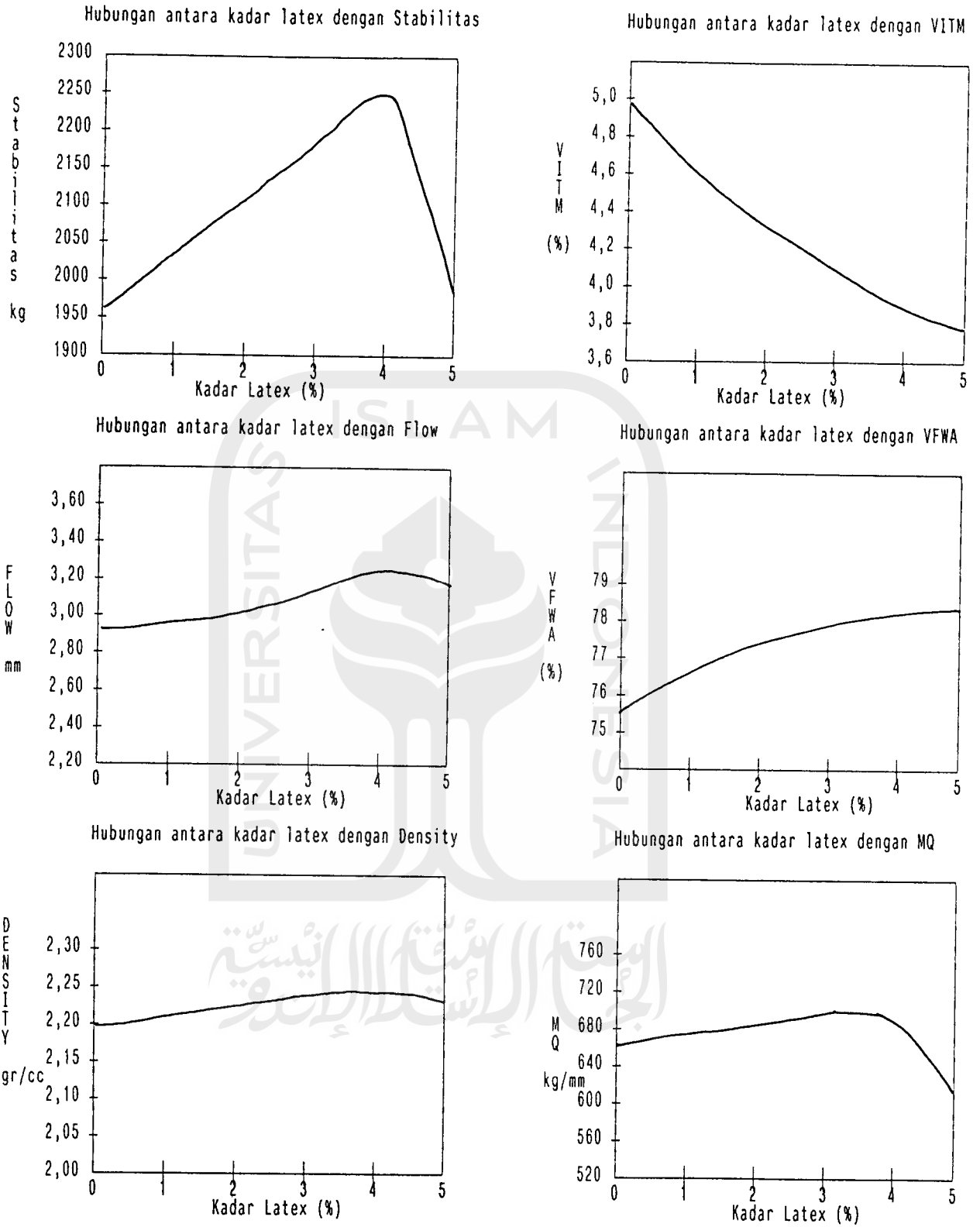
Hubungan antara kadar aspal dengan Density



Hubungan antara kadar aspal dengan MQ



Gambar 6.1. Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Parameter Marshall



Gambar 6.2. Hubungan Antara Kadar Latex dengan Parameter Marshall Pada Kadar Aspal Optimum