

## BAB VII

### PEMBAHASAN

#### 7.1 Kadar Aspal Optimum

Dalam mencari kadar aspal optimum untuk campuran aspal beton digunakan kadar aspal 5 %, 5.5 %, 6 %, 6.5 %, dan 7 %. Berikut ini adalah contoh dari salah satu hitungan *Marshall Test* untuk kadar aspal 5 %.

Aspal	=	60	gram
Agregat	=	1140	gram
Total campuran	=	1200	gram

a = prosen aspal terhadap batuan

$$= \frac{60}{1140} \times 100\% = 5.26\%$$

b = prosen aspal terhadap campuran

$$= \frac{60}{1200} \times 100\% = 5\%$$

c = berat kering/sebelum direndam

$$= 1188 \text{ gram}$$

d = berat dalam keadaan (SSD)

$$= 1193 \text{ gram}$$

e = berat di dalam air

$$= 688 \text{ gram}$$

f = volume/isi sampel

$$= d - e = 505 \text{ cc}$$

g = berat isi sampel

$$= \frac{c}{f} = \frac{1188}{505} = 2.35 \text{ gr/cc}$$

h = Bj.maksimum teoritis

$$= \frac{100}{\left[ \left( \frac{\% \text{ agregat}}{Bj. agregat} \right) + \left( \frac{\% \text{ aspal}}{Bj. aspal} \right) \right]}$$

$$= \frac{100}{\left[ \left( \frac{95}{2.736} \right) + \left( \frac{5}{1.013} \right) \right]} = 2.52 \text{ gr/cc}$$

$$i = \frac{b \times g}{Bj. aspal} = \frac{5 \times 2.35}{1.013} = 11.61\%$$

$$j = \frac{(100 - b) \times g}{Bj. agregat} = \frac{(100 - 5) \times 2.35}{2.736} = 81.68\%$$

k = rongga dalam campuran (VITM)

$$= (100 - i - j) = (100 - 11.61 - 81.68) = 6.71\%$$

l = rongga terhadap agregat (VMA)

$$= (100 - j) = (100 - 81.68) = 18.32\%$$

m = rongga yang terisi aspal (VFWA)

$$= 100 \times \frac{i}{l} = 100 \times \frac{11.61}{18.32} = 63.39\%$$

o = pembacaan arloji stabilitas

$$= 538$$

p = o x kalibrasi proving ring

$$= 538 \times 3.427 = 1843.73 \text{ kg}$$

$q = p \times \text{koreksi tebal sampel (stabilitas)}$

$$= 1843.73 \times 1.04 = 1917.48 \text{ kg}$$

$r = \text{flow (kelelahan plastis)} = 14 \text{ inchi}$

$$= 14 \times 0.01 \times 25.4 = 3.56 \text{ mm}$$

$s = \text{Marshall Quotient}$

$$= \frac{q}{r} = \frac{1917.48}{3.56} = 539.22 \text{ kg/mm}$$

Untuk setiap variasi kadar aspal dibuat 3 (tiga) benda uji yang kemudian hasil perhitungannya dirata-rata. Hitungan yang lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran 17 dalam bentuk tabel.

Nilai-nilai karakteristik Marshall dan hasil analisis pada penelitian ini dibuat grafik (lampiran 18) untuk mendapatkan kadar aspal optimum yang memenuhi spesifikasi yang telah diisyaratkan.

Batasan nilai-nilai karakteristik Marshall yang digunakan untuk menentukan kadar aspal optimum adalah nilai :

1. kepadatan (*density*)
2. persentase rongga dalam campuran (VITM), (3 – 5) %
3. persentase rongga terisi aspal (VFWA), (75 – 82) %
4. stabilitas, > 750 kg
5. kelelahan (*flow*), (2 – 4) mm

Batasan nilai tersebut diplotkan pada tabel spesifikasi kadar aspal. Nilai-nilai tersebut diambil dari grafik kadar aspal design (lampiran 18), kemudian berdasarkan tabel spesifikasi kadar aspal dicari batas terdalam dari kanan maupun dari kiri.

Hasil dari analisis nilai-nilai tersebut dapat dilihat pada Gambar 7.1 berikut ini :

Spesifikasi	Kadar aspal (%)				
	5	5.5	6	6.5	7
1. <i>Density</i> (gr/cc)	[Bar chart showing density values for each asphalt content]				
2. VIM(%)	[Bar chart showing VIM values for each asphalt content]				
3. VFWA(%)	[Bar chart showing VFWA values for each asphalt content]				
4. Stabilitas (kg)	[Bar chart showing stability values for each asphalt content]				
5. <i>Flow</i> (mm)	[Bar chart showing flow values for each asphalt content]				
Kadar aspal optimum	5.71	5.47	5.71	5.95	

Gambar 7.1 Kadar Aspal Optimum Campuran Aspal Beton

Setelah mendapatkan kadar aspal optimum, benda uji dibuat kembali dengan berbagai variasi jumlah tumbukan, yaitu 2 x 75, 2 x 100 dan 2 x 125.

## 7.2 Pengaruh Kadar Aspal dan Jumlah Tumbukan

### 7.2.1 Pengaruh kadar aspal dan jumlah tumbukan terhadap nilai *density*

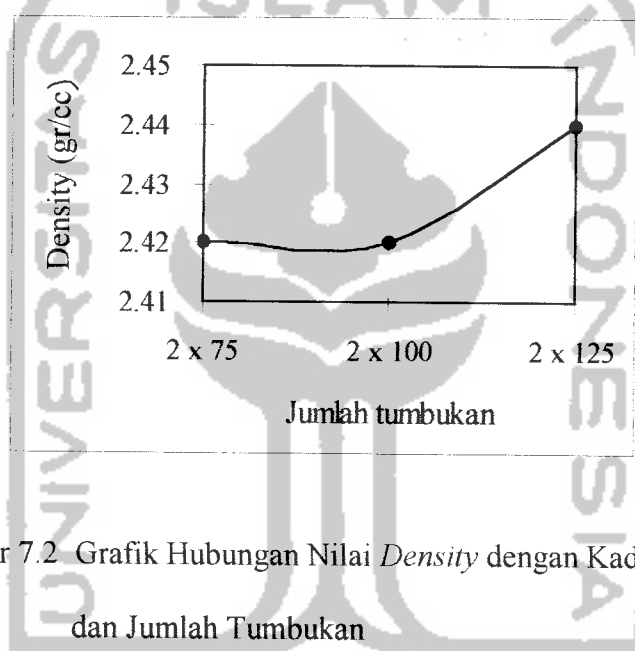
*Density* merupakan ukuran kerapatan campuran setelah dipadatkan. Semakin tinggi nilai *density* suatu campuran, kepadatannya semakin tinggi dan semakin tinggi pula kekuatannya dalam menahan beban. Selain itu campuran semakin kedap air dan udara. Nilai *density* suatu campuran dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti gradasi agregat, kadar aspal, temperatur pemadatan dan jumlah pemadatan.

Dari hasil penelitian terhadap benda uji, diperoleh data dan grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai *density* pada berbagai variasi jumlah tumbukan, seperti pada Tabel 7.1 dan Gambar 7.2 berikut ini :

Tabel 7.1 Nilai *Density*

Kadar aspal optimum	Nilai <i>density</i> pada jumlah tumbukan (gr/cc)		
	2 x 75	2 x 100	2 x 125
5.71 %	2.42	2.42	2.44

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium



Gambar 7.2 Grafik Hubungan Nilai *Density* dengan Kadar Aspal dan Jumlah Tumbukan

Dari Tabel 7.1 dan Gambar 7.2 menunjukkan bahwa dengan penambahan jumlah tumbukan 2 x 100 nilai *density* menunjukkan tidak adanya peningkatan, tetapi pada jumlah tumbukan 2 x 125 nilai *density* meningkat sebesar 0.83 %.

Hal ini menunjukkan bahwa aspal akan mengisi rongga-rongga dalam campuran dan dengan penambahan jumlah tumbukan nilai *density* cenderung meningkat karena aspal akan semakin mudah masuk untuk mengisi rongga-rongga tersebut, sehingga campuran menjadi lebih padat.

### 7.2.2 Pengaruh kadar aspal dan jumlah tumbukan terhadap nilai VITM

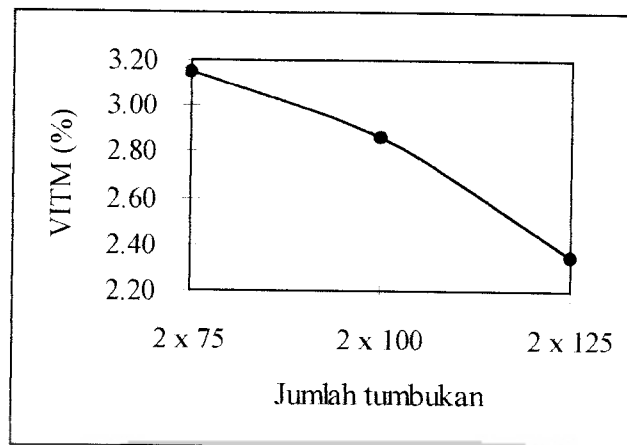
VITM (*Voids In The Mix*) merupakan persentase rongga yang terdapat dalam total campuran. Nilai VITM sangat berpengaruh terhadap sifat lapis perkerasan. Semakin tinggi nilai VITM menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran, sehingga lapis perkerasan bersifat *porous* dan keawetannya menjadi berkurang. Selain itu apabila nilai VITM tinggi, maka akan menyebabkan berkurangnya ketahanan lapis perkerasan terhadap retak leleh. Tetapi nilai VITM yang rendah akan menimbulkan deformasi plastis.

Dari hasil penelitian terhadap benda uji, diperoleh data dan grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai VITM pada berbagai variasi jumlah tumbukan, seperti pada Tabel 7.2 dan Gambar 7.3 berikut ini :

Tabel 7.2 Nilai VITM

Kadar aspal optimum	Nilai VITM pada jumlah tumbukan (%)		
	2 x 75	2 x 100	2 x 125
5.71 %	3.15	2.87	2.35

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium



Gambar 7.3 Grafik Hubungan VITM dengan Kadar Aspal dan Jumlah Tumbukan

Dari Tabel 7.2 dan Gambar 7.3 menunjukkan bahwa dengan penambahan jumlah tumbukan nilai VITM menurun sebesar 8.89 %, kemudian menurun lagi sebesar 18.12 %.

Hal ini menunjukkan bahwa aspal akan mengisi rongga-rongga dalam campuran dan dengan penambahan jumlah tumbukan nilai VITM cenderung menurun karena aspal akan semakin mudah masuk untuk mengisi rongga-rongga tersebut, sehingga rongga dalam campuran semakin kecil.

Berdasarkan nilai VITM pada Tabel 7.2, yang memenuhi persyaratan campuran aspal beton hanya pada jumlah tumbukan normal (2 x 75). Dengan penambahan jumlah tumbukan lagi, maka akan menghasilkan nilai VITM yang terlalu kecil, sehingga memberikan kelenturan (*flexibility*) yang kurang baik dan perkerasan akan mudah mengalami retak.

### 7.2.3 Pengaruh kadar aspal dan jumlah tumbukan terhadap nilai VFWA

VFWA (*Voids Filled With Asphalt*) adalah prosentase rongga terisi aspal pada campuran agregat aspal setelah mengalami pemadatan. Nilai VFWA berpengaruh pada sifat kedap terhadap air, udara dan sifat elastis campuran. Dengan kata lain nilai VFWA menentukan stabilitas, fleksibilitas, dan durabilitas. Semakin tinggi nilai VFWA berarti semakin banyak rongga yang terisi aspal sehingga kedap terhadap air dan udara semakin tinggi. Nilai VFWA yang terlalu tinggi akan menyebabkan *bleeding*. Akan tetapi apabila nilai VFWA yang terlalu kecil akan menyebabkan campuran kurang kedap terhadap air dan udara. Selain itu akan menyebabkan film aspal yang menyelimuti agregat menjadi tipis dan perkerasan menjadi mudah retak bila menerima penambahan beban, sehingga aspal mudah teroksidasi yang akhirnya menyebabkan lapis perkerasan tidak tahan lama.

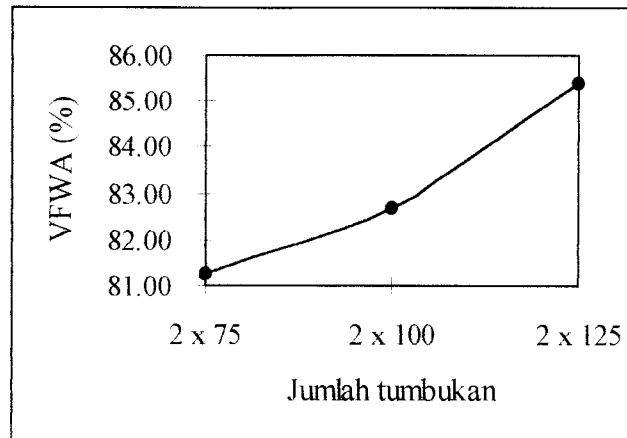
Dari hasil penelitian terhadap benda uji, diperoleh data dan grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai VFWA pada berbagai variasi jumlah tumbukan, seperti pada Tabel 7.3 dan Gambar 7.4 berikut ini :

Tabel 7.3 Nilai VFWA

Kadar aspal optimum	Nilai VFWA pada jumlah tumbukan (%)		
	2 x 75	2 x 100	2 x 125
5.71 %	81.26	82.69	85.41

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium





Gambar 7.4 Grafik Hubungan VFWA dengan Kadar Aspal dan Jumlah Tumbukan

Dari Tabel 7.3 dan Gambar 7.4 menunjukkan juga bahwa dengan penambahan jumlah tumbukan nilai VFWA meningkat sebesar 1.76 %, kemudian meningkat lagi sebesar 3.29 %.

Hal ini menunjukkan bahwa dengan penambahan jumlah tumbukan nilai VFWA cenderung meningkat karena aspal akan semakin mudah masuk untuk mengisi rongga-rongga dalam campuran, sehingga rongga yang terisi aspal semakin banyak.

Berdasarkan nilai VFWA pada Tabel 7.3, yang memenuhi persyaratan campuran aspal beton hanya pada jumlah tumbukan normal (2 x 75). Dengan penambahan jumlah tumbukan lagi, maka akan menghasilkan nilai VFWA yang tinggi, sehingga akan terjadi *bleeding* yang menyebabkan permukaan jalan menjadi licin yang dapat membahayakan bagi kendaraan dan pada temperatur tinggi aspal menjadi lunak dan akan terjadi jejak roda.

#### 7.2.4 Pengaruh kadar aspal dan jumlah tumbukan terhadap nilai stabilitas

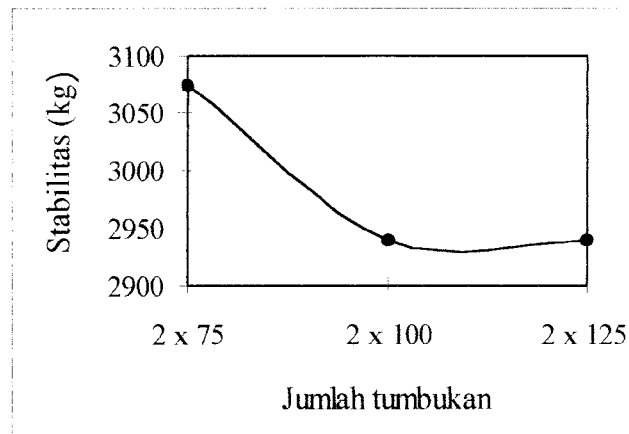
Stabilitas merupakan kemampuan lapisan perkerasan untuk menerima beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami deformasi (perubahan bentuk), seperti gelombang (*washboarding*) dan alur (*rutting*), maupun *bleeding* (naiknya aspal ke permukaan). Nilai stabilitas pada permukaan dipengaruhi oleh bentuk, tekstur permukaan, dan gradasi agregat yaitu gesekan antar butir agregat (*internal friction*) dan penguncian antar agregat (*interlocking*). Selain itu stabilitas juga dipengaruhi oleh daya lekat (kohesi) dan kadar aspal dalam campuran. Stabilitas yang terlalu tinggi menyebabkan lapis perkerasan menjadi kaku dan mudah mengalami retak, selain itu karena rongga dalam campuran kecil mengakibatkan aspal yang menyelimuti agregat menjadi tipis dan mudah lepas, sehingga keawetannya rendah.

Dari hasil penelitian terhadap benda uji, diperoleh data dan grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai stabilitas pada berbagai variasi jumlah tumbukan, seperti pada Tabel 7.4 dan Gambar 7.5 berikut ini :

Tabel 7.4 Nilai Stabilitas

Kadar aspal optimum	Nilai stabilitas pada jumlah tumbukan (kg)		
	2 x 75	2 x 100	2 x 125
2 x 75	3073.33	2940.50	2939.91

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium



Gambar 7.5 Grafik Hubungan Stabilitas dengan Kadar Aspal dan Jumlah Tumbukan

Dari Tabel 7.4 dan Gambar 7.5 menunjukkan bahwa dengan penambahan jumlah tumbukan nilai stabilitas menurun sebesar 4.32 %, kemudian menurun lagi sebesar 0.02 %.

Hal ini menunjukkan bahwa dengan penambahan jumlah tumbukan nilai stabilitas akan mengalami penurunan karena campuran sudah mencapai kepadatan maksimum, dan apabila campuran terus dipadatkan justru akan memperbesar rongga antar butir agregat.

Berdasarkan nilai stabilitas pada Tabel 7.4, semua memenuhi persyaratan campuran aspal beton. Walaupun mengalami penurunan campuran ini masih bersifat kaku.

#### 7.2.5 Pengaruh kadar aspal dan jumlah tumbukan terhadap nilai *flow*

*Flow* (kelelehan) adalah besarnya deformasi (penurunan vertikal) benda uji yang terjadi pada awal pembebanan hingga nilai stabilitas menurun.

Campuran yang mempunyai nilai *flow* rendah dan nilai stabilitas tinggi



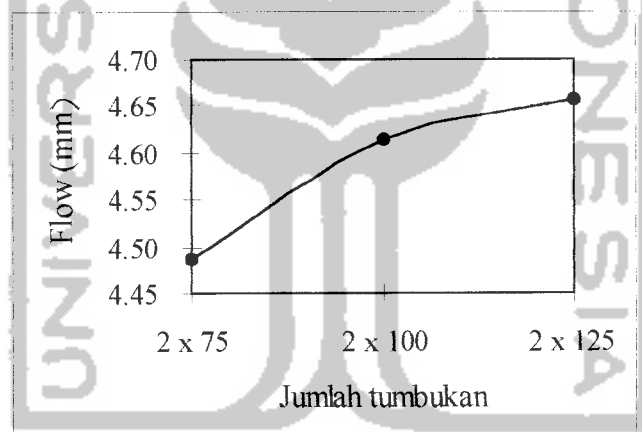
cenderung bersifat kaku dan tidak mudah berubah bentuk. Sedangkan campuran yang memiliki nilai *flow* tinggi dan nilai stabilitas rendah cenderung bersifat plastis dan mudah berubah bentuk apabila menerima beban.

Dari hasil penelitian terhadap benda uji, diperoleh data dan grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai *flow* pada berbagai variasi jumlah tumbukan, seperti pada Tabel 7.5 dan Gambar 7.6 berikut ini :

Tabel 7.5 Nilai *Flow*

Kadar aspal optimum	Nilai <i>flow</i> pada jumlah tumbukan (mm)		
	2 x 75	2 x 100	2 x 125
5.71 %	4.49	4.61	4.66

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium



Gambar 7.6 Grafik Hubungan *Flow* dengan Kadar Aspal dan Jumlah Tumbukan

Dari Tabel 7.5 dan Gambar 7.6 menunjukkan bahwa dengan penambahan jumlah tumbukan nilai *flow* meningkat sebesar 2.67 %, kemudian meningkat lagi sebesar 1.08 %.

Hal ini menunjukkan bahwa dengan penambahan jumlah tumbukan menyebabkan nilai *flow* cenderung meningkat karena campuran menjadi lebih plastis dan rongga antar butir agregat semakin bertambah dan kepadatan campuran menjadi rendah, sehingga mudah berubah bentuk apabila menerima beban.

Berdasarkan nilai *flow* pada Tabel 7.5, semua melebihi dari batas persyaratan campuran aspal beton, sehingga campuran bersifat plastis.

### 7.2.6 Pengaruh kadar aspal dan jumlah tumbukan terhadap nilai *Marshall Quotient*

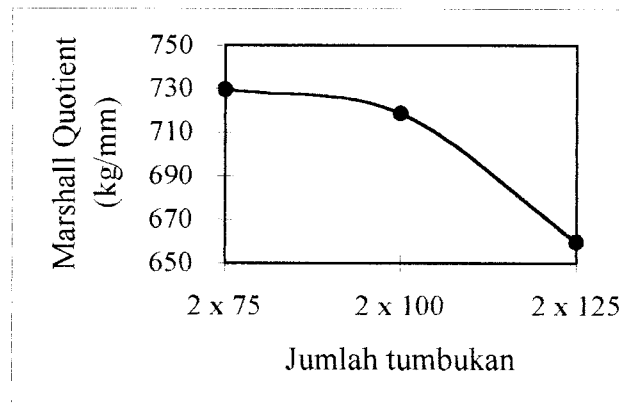
*Marshall Quotient* merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan *flow*. Semakin tinggi nilai *Marshall Quotient* berarti campuran semakin kaku dan sebaliknya semakin rendah nilai *Marshall Quotient* berarti campuran akan semakin lentur.

Dari hasil penelitian terhadap benda uji, diperoleh data dan grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai *Marshall Quotient* pada berbagai variasi jumlah tumbukan, seperti pada Tabel 7.6 dan Gambar 7.7 berikut ini :

Tabel 7.6 Nilai *Marshall Quotient*

Kadar aspal optimum	Nilai <i>Marshall Quotient</i> pada jumlah tumbukan (kg/mm)		
	2 x 75	2 x 100	2 x 125
5.71 %	729.66	736.75	659.75

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium



Gambar 7.7 Grafik Hubungan *Marshall Quotient* dengan Kadar Aspal dan Jumlah Tumbukan

Dari Tabel 7.6 dan Gambar 7.7 menunjukkan bahwa dengan penambahan jumlah tumbukan nilai *Marshall Quotient* menurun sebesar 1.50 %, kemudian menurun lagi sebesar 8.20 %.

Hal ini disebabkan karena nilai stabilitas yang juga cenderung menurun kemudian diimbangi dengan meningkatnya nilai *flow* yang relatif cukup besar, sehingga menghasilkan nilai *Marshall Quotient* yang rendah.

Berdasarkan nilai *Marshall Quotient* pada Tabel 7.6, semua melebihi batas persyaratan campuran aspal beton. Walaupun mengalami penurunan campuran ini masih bersifat kaku.