

**BAB VI**  
**HASIL PENELITIAN DAN PENYELESAIAN**

**6.1 Hasil Penelitian**

Pelaksanaan penelitian benda uji di laboratorium dilakukan dengan suhu pencampuran 160°C dan mengambil kadar aspal 5,5 %. Pengujian benda uji dilakukan pada suhu pemadatan 140°C.

Dari hasil penelitian yang dilakukan di laboratorium, diperoleh nilai-nilai density, VITM (Void In Total Mix = % rongga dalam campuran), VFWA (Void Filled With Asphalt = % rongga terisi aspal), stabilitas, flow (kelelehan), dan Marshall quotient, seperti yang terdapat pada tabel 6.1 dan 6.2 berikut ini :

Tabel 6.1 Hasil tes Marshall untuk jenis filler batu kapur

Karakteristik	Kandungan/prosentase filler			
	2%	4%	6%	8%
Stabilitas (kg)	844,853	955,923	1011,771	1068,484
Flow (%)	5,244	4,265	3,889	3,471
QM (kg/mm)	161,108	224,147	260,143	307,804
VFWA (%)	63,959	75,855	80,627	89,521
VITM (%)	6,012	4,810	3,646	1,155
DENSITY (%)	2,232	2,287	2,314	2,376

Sumber : Hasil penelitian di laboratorium Jalan Raya JTS - FTSP UII Yogyakarta.

Contoh perhitungan hasil test Marshal dengan kadar aspal 5,5 % dan prosentase filler batu kapur 2 %.

- a = % aspal terhadap batuan = 5,82 %
- b = % aspal terhadap campuran = 5,50 %
- c = berat sebelum direndam = 1190,24 gram
- d = berat dalam keadaan jenuh = 1196,30 gram

$$e = \text{berat didalam air} = 666,75 \text{ gram}$$

$$f = \text{Vol (isi)}$$

$$= d - e = 1196,30 - 666,75 = 529,55 \text{ gram}$$

$$g = \text{berat isi benda uji ( DENSITY )}$$

$$= c / f = 1190,24 / 529,55 = 2,2314 \text{ gr/ml}$$

$$h = \text{berat jenis maksimum (teoritis)}$$

$$= \frac{100}{\% \text{ agregat} + \frac{\% \text{ aspal}}{\text{Bj aspal}}} = \frac{100}{\frac{94,5}{2,6747} + \frac{5,5}{1,0416}}$$

$$= 2,4624 \text{ gr/cc}$$

$$i = \frac{b \times g}{\text{Bj aspal}} = \frac{5,5 \times 2,2314}{1,0416} = 13,3419$$

$$j = \frac{(100 - b) g}{\text{Bj agregat}} = \frac{(100 - 5,5) 2,2314}{2,6747} = 79,1167$$

$$k = \text{jumlah kandungan rongga (\%)}$$

$$= (100 - i - j) = (100 - 13,3419 - 79,1167)$$

$$= 7,5414 \%$$

$$l = \% \text{ rongga terhadap agregat}$$

$$= (100 - j) = (100 - 79,1167)$$

$$= 20,8833 \%$$

$$m = \% \text{ rongga yang terisi aspal ( VFWA )}$$

$$= (100 \times i / l) = (100 \times 13,3419 / 20,8833)$$

$$= 63,9536 \%$$

$$\begin{aligned}
 n &= \% \text{ rongga dalam campuran ( VITM )} \\
 &= 100 - (100 \times g/h) = 100 - (100 \times 2,2314 / 2,4624) \\
 &= 6,0124 \% \\
 o &= \text{pembacaan arloji stabilitas} = 246,67 \\
 p &= o \times \text{kalibrasi proving ring} = 888,67 \\
 q &= p \times \text{koreksi tebal benda uji ( STABILITAS )} \\
 &= 888,67 \times 0,9506 \\
 &= 844,853 \text{ kg} \\
 r &= \text{kelelahan plastis ( FLOW )} \\
 &= (0,01 \times 25,4 \times 20,6457) \\
 &= 5,2440 \text{ mm} \\
 s &= q / r \text{ ( Marshall Quotient )} \\
 &= 844,853 / 5,2440 \\
 &= 161,1085 \text{ kg/mm}
 \end{aligned}$$

Tabel 6.2 Hasil tes Marshall untuk filler batu cadas.

Karakteristik	Kandungan/prosentase filler			
	2%	4%	6%	8%
Stabilitas (kg)	890,241	928,0	1025,0	1162,722
Flow (%)	4,952	4,064	3,682	2,879
QM (kg/mm)	179,773	228,346	278,381	403,862
VFWA (%)	67,011	71,735	76,836	89,693
VITM (%)	6,169	5,857	3,640	1,085
Density (%)	2,256	2,286	2,315	2,376

Sumber : Hasil penelitian laboratorium Jalan Raya JTS-FTSP

Contoh perhitungan hasil test Marshal dengan kadar aspal 5,5 % dan prosentase filler batu cadas 2 %.

$$a = \% \text{ aspal terhadap batuan} = 5,82 \%$$

$$b = \% \text{ aspal terhadap campuran} = 5,50 \%$$

$$\begin{aligned}
c &= \text{berat sebelum direndam} &= 1187,81 \text{ gram} \\
d &= \text{berat dalam keadaan jenuh} &= 1195,75 \text{ gram} \\
e &= \text{berat didalam air} &= 669,62 \text{ gram} \\
f &= \text{Vol (isi)} \\
&= d - e = 1195,75 - 669,62 &= 526,14 \text{ ml} \\
g &= \text{berat isi benda uji ( DENSITY )} \\
&= c / f = 1187,81 / 526,14 &= 2,2576 \text{ gr/ml} \\
h &= \text{berat jenis maksimum (teoritis)} \\
&= \frac{100}{\frac{\% \text{ agregat}}{\text{Bj agregat}} + \frac{\% \text{ aspal}}{\text{Bj aspal}}} = \frac{100}{\frac{94,5}{2,6747} + \frac{5,5}{1,0416}} \\
&= 2,4624 \text{ gr/cc} \\
i &= \frac{b \times g}{\text{Bj aspal}} = \frac{5,5 \times 2,2576}{1,0416} \\
&= 13,4726 \\
j &= \frac{(100 - b) g}{\text{Bj agregat}} = \frac{(100 - 5,5) 2,2576}{2,6747} = 78,8911 \\
k &= \text{jumlah kandungan rongga (\%)} \\
&= (100 - i - j) = (100 - 13,4726 - 78,8911) \\
&= 6,6363 \% \\
l &= \% \text{ rongga terhadap agregat} \\
&= (100 - j) = (100 - 78,8911) \\
&= 20,1089 \% \\
m &= \% \text{ rongga yang terisi aspal ( VFWA )} \\
&= (100 \times i / l) = (100 \times 13,4726 / 20,1089) \\
&= 67,0111 \%
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \% \text{ rongga yang terisi aspal ( VITM )} \\
 &= 100 - (100 \times g/h) = 100 - (100 \times 2,2576 / 2,4624) \\
 &= 6,1689 \% \\
 o &= \text{pembacaan arloji stabilitas} = 260,34 \\
 p &= o \times \text{kalibrasi proving ring} = 927,34 \\
 q &= p \times \text{koreksi tebal benda uji ( STABILITAS )} \\
 &= 927,34 \times 0,9599 \\
 &= 890,2415 \text{ kg} \\
 r &= \text{kelelehan plastis ( FLOW )} \\
 &= (0,01 \times 25,4 \times 19,4960) \\
 &= 4,9519 \text{ mm} \\
 s &= q / r \text{ ( Marshall quotient )} \\
 &= 890,2415 / 4,9519 \\
 &= 179,7741 \text{ kg/mm}
 \end{aligned}$$

## 6.2 Pembahasan

Pada penelitian ini karakteristik lapis keras aspal beton diukur dengan nilai-nilai density, VITM, VFVA, stabilitas, flow dan Marshall quotient.

Pada pembahasan ini akan dicari pengaruh dari variasi kadar filler terhadap kadar aspal 5,5 %.

### 6.2.1 Pengaruh Penggunaan Filler Batu Kapur dan Batu Cadas terhadap Benda uji

#### 1. Pengaruh terhadap Stabilitas

Nilai stabilitas menunjukkan besarnya kemampuan perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja. Perkerasan yang mempunyai nilai stabilitas yang tinggi akan mampu menahan beban lalu lintas yang besar.

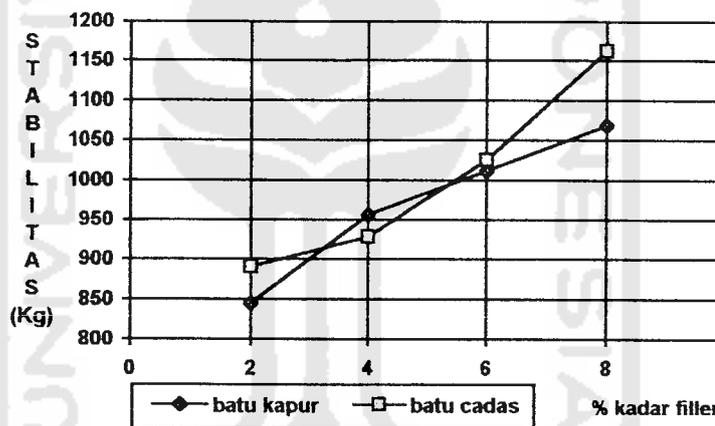
Stabilitas yang tinggi dicerminkan oleh adanya kerapatan campuran yang tinggi. Beberapa hal yang mendukung stabilitas antara lain ketahanan terhadap gesekan, yang lebih banyak tergantung pada kualitas agregatnya, bentuk butiran dan permukaan butiran.

Dari hasil penelitian yang seperti pada gambar 6.1, terlihat bahwa meningkatnya kadar filler akan meningkatkan nilai stabilitas. Dengan semakin tinggi kadar filler dalam campuran apabila dipadatkan dengan baik akan menyebabkan rongga yang terjadi kecil sehingga kerapatan campuran menjadi lebih besar. Keadaan demikian menambah kemampuan lapis keras dalam mendukung beban. Selain itu campuran yang rapat memiliki interlocking atau sifat saling mengunci antar agregat menjadi baik. Yang berarti juga akan meningkatkan stabilitas.

Pada campuran dengan bahan pengisi batu cadas mempunyai tingkat stabilitas yang lebih besar di bandingkan

dengan filler batu kapur, kecuali pada kadar filler 4 % nilai stabilitas filler batu cadas lebih kecil dibandingkan dengan filler batu kapur. Hal ini secara umum dapat dikatakan bahwa stabilitas campuran yang menggunakan bahan pengisi batu cadas mempunyai perbandingan yang lebih besar dari pada bahan pengisi batu kapur.

Stabilitas yang disyaratkan adalah minimum 750 kg. Lapis keras dengan nilai stabilitas < 750 kg akan mudah terjadi rutting karena perkerasan bersifat lembek sehingga tidak mampu mendukung beban yang berat.



Gambar 6.1 Grafik hubungan antara kadar filler dengan Stabilitas

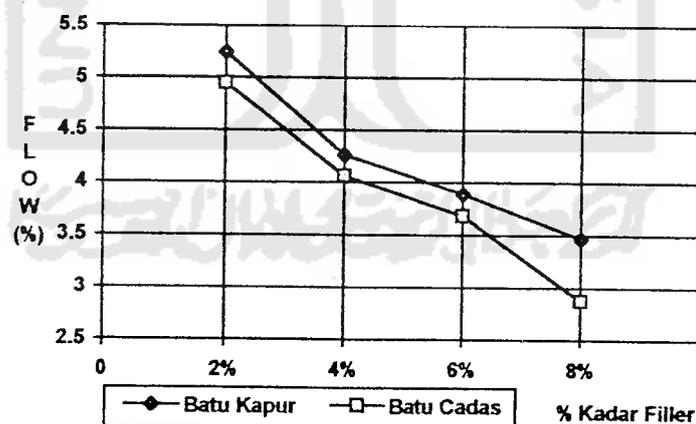
## 2. Pengaruh terhadap Kelelahan (Flow)

Flow atau kelelahan menunjukkan besarnya deformasi dari campuran akibat beban yang bekerja padanya. Nilai kelelahan ini ditentukan oleh banyak faktor, antara lain sifat keliatan aspal. Keliatan aspal yang tinggi menghasilkan perkerasan yang mempunyai fleksibilitas yang tinggi. Peningkatan kadar filler menyebabkan semakin menurun-

nya nilai flow seperti terlihat pada gambar 6.2. Dengan semakin tingginya kadar filler, apabila campuran dipadatkan maka bahan pengisi tersebut akan mengisi rongga-rongga yang ada sehingga campuran tersebut menjadi semakin rapat. Apabila campuran yang semakin rapat menerima beban, maka deformasi akibat beban tersebut akan menjadi kecil. Perilaku ini berlaku pada jenis filler batu kapur maupun filler batu cadas.

Kelelehan campuran dengan filler batu kapur lebih besar dibandingkan dengan yang menggunakan filler batu cadas.

Nilai flow yang disyaratkan Bina Marga 2 % - 4 %. Dari hasil penelitian seperti pada gambar 6.2 diperoleh hasil terbaik untuk jenis filler batu kapur dan batu cadas adalah pada kadar filler 6 % dan 8 %.

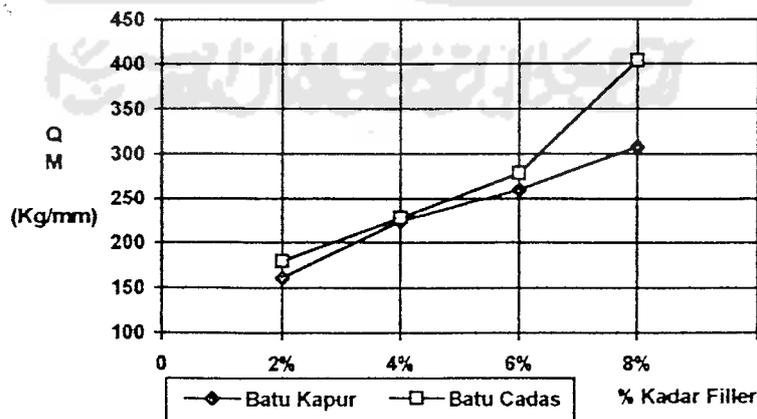


Gambar 6.2 Grafik hubungan antara kadar filler dengan Flow

### 3. Pengaruh terhadap Marshall Quotient

Nilai Marshall quotient merupakan nilai pendekatan terhadap tingkat kekakuan dan fleksibilitas dari suatu campuran. Apabila campuran mempunyai nilai Marshall quotient yang tinggi berarti campuran kaku dan fleksibilitas rendah yang berarti mudah timbul retak-retak (cracking). Sebaliknya apabila nilai Marshall quotient kecil, maka campuran akan bersifat fleksibel dan campuran menjadi plastis sehingga akan mudah mengalami deformasi yang cukup besar pada waktu menerima beban lalu lintas.

Untuk nilai QM Bina Marga tidak memberikan syarat. Dari hasil penelitian seperti yang terdapat pada gambar 6.3 bahwa nilai Marshall quotient pada kedua jenis filler ini nilainya semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena dengan semakin tinggi kadar filler, maka nilai stabilitasnya menjadi naik dan nilai flownya cenderung turun, yang berarti semakin bertambahnya jumlah kadar filler menaikkan tingkat kekakuan campuran.



Gambar 6.3 Grafik hubungan antara kadar filler dengan Marshall Quotient

#### 4. Pengaruh terhadap VFWA (Void Filled With Asphalt)

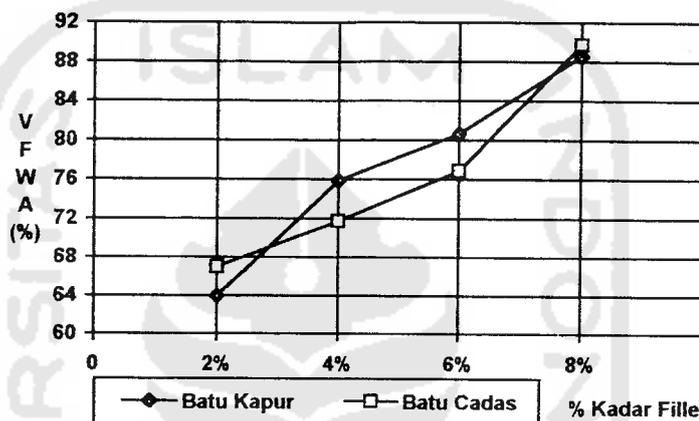
Nilai VFWA menunjukkan besarnya rongga yang dapat terisi aspal. Besarnya nilai VFWA berpengaruh terhadap keawetan suatu perkerasan. Apabila nilai VFWA besar berarti banyak rongga terisi aspal sehingga kedapannya terhadap udara dan air menjadi lebih tinggi. Akan tetapi nilai VFWA yang terlalu besar menyebabkan bleeding, yang disebabkan rongga dalam campuran yang terisi aspal terlalu kecil, bila perkerasan menerima beban maka sebagian aspal akan mencari tempat yang kosong (rongga) atau aspal akan naik kepermukaan. Sebaliknya bila nilai VFWA terlalu kecil berarti rongga yang ada cukup besar. Kedapannya perkerasan akan semakin kecil, karena air dan udara akan mengoksidasi aspal dalam campuran sehingga keawetan campuran berkurang.

Dari hasil penelitian seperti terlihat pada gambar 6.4 berikut, kadar filler yang semakin tinggi nilai VFWA-nya naik, karena butir pengisi yang terselimuti aspal mengisi rongga yang ada lebih banyak. Dengan banyaknya butir pengisi ini menyebabkan prosentase rongga yang terisi aspal akan semakin meningkat. Kecenderungan meningkatnya nilai VFWA seiring dengan naiknya kadar filler, baik untuk jenis filler batu kapur maupun filler batu cadas.

Persen rongga yang disyaratkan adalah 75 % - 82 %. Apabila beton aspal dengan VFWA terlalu rendah (< 75 %), daya ikat akan berkurang, sehingga stabilitasnya rendah.

Sebaliknya apabila VFWA terlalu tinggi ( $> 82\%$ ), fleksibilitas campuran terlalu tinggi, sehingga mudah terjadi deformasi apabila menerima beban lalu lintas.

Pada penelitian ini yang memenuhi persyaratan untuk filler batu kapur pada kadar 4% dan 6%, sedang untuk filler batu cadas hanya pada kadar filler 6%.



Gambar 6.4 Grafik hubungan antara kadar filler dengan VFWA

##### 5. Pengaruh terhadap VITM (Void In Total Mix)

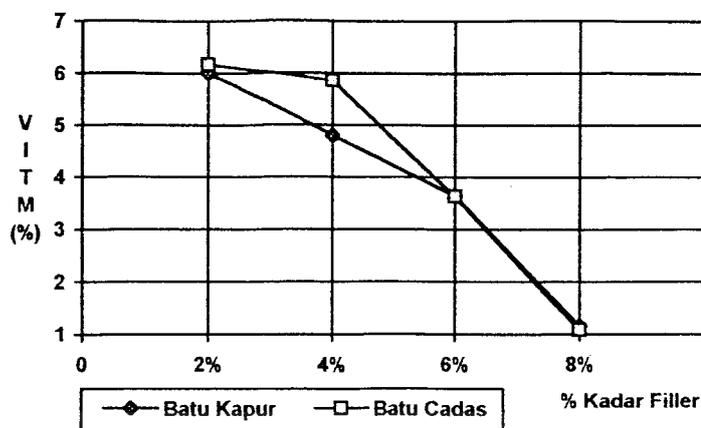
Volume rongga dalam campuran (VITM), biasanya dinyatakan dalam persen rongga dalam campuran total. Nilai VITM berpengaruh terhadap kedapatan campuran. Apabila nilai VITM besar berarti banyak rongga yang terjadi dalam campuran tersebut, sehingga campuran kurang kedap terhadap udara dan air, akibatnya aspal akan mudah teroksidasi yang akan menimbulkan kerusakan. Selain itu nilai VITM juga menunjukkan nilai kekakuan campuran. Campuran yang mempunyai nilai VITM yang kecil menunjukkan campuran dengan kekakuan tinggi.

Dengan bertambahnya kadar filler, menghasilkan nilai VITM yang berlawanan dengan nilai density seperti pada gambar 6.6. Pada kadar filler yang semakin meningkat maka nilai VITM akan menjadi semakin kecil, hal ini karena filler mampu mengisi lebih banyak rongga-rongga yang terjadi. Pada waktu pemadatan, partikel agregat ini dapat merapat dan butir bahan pengisi akan mengisi rongga yang ada sehingga agregat menjadi lebih rapat dan memperkecil rongga yang terjadi.

Persen rongga yang disyaratkan adalah 3 % - 5 %. Lapis keras yang mempunyai nilai VITM kurang dari 3 % akan mudah mengalami bleeding, ini terjadi pada perkerasan temperatur tinggi. Akibat temperatur perkerasan tinggi, aspal akan mencair dan pada saat perkerasan menerima beban, aspal akan mencair mengalir mencari tempat yang kosong (rongga).

Sebaliknya bila nilai VITM lebih besar dari 5 % akan mengurangi sifat keawetan, karena rongga yang terjadi lebih besar maka lapis keras menjadi kurang rapat/kedap terhadap air maupun udara. Hal ini berakibat aspal akan mudah teroksidasi sehingga pengurangan jumlah aspal lebih cepat.

Dari hasil penelitian seperti pada gambar 6.5 terlihat bahwa jenis filler batu kapur yang memenuhi persyaratan adalah kadar filler 4 % dan 6 %, sedang pada filler batu cadas yang memenuhi persyaratan adalah kadar 6 %.



Gambar 6.5 Grafik hubungan antara kadar filler dengan VITM

#### 6. Pengaruh terhadap kepadatan (Density)

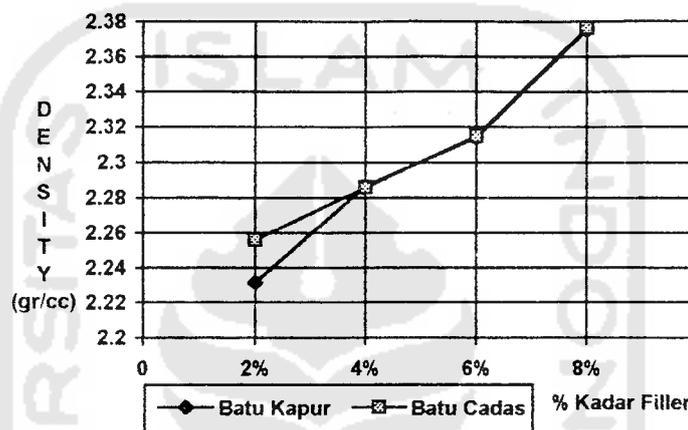
Nilai density menunjukkan besarnya derajat kepadatan suatu campuran yang telah dipadatkan. Campuran dengan kepadatan yang tinggi akan mampu menahan beban yang besar apabila dibandingkan dengan campuran yang berkepadatan lebih rendah. Nilai kepadatan campuran ini dipengaruhi oleh kualitas bahan dan cara pemadatannya. Campuran akan mempunyai kepadatan yang tinggi apabila bentuk agregat tidak beraturan, porositas agregat rendah, kadar aspal yang tinggi (cukup untuk menyelimuti permukaan agregat), pemadatan pada suhu tinggi dan cara-cara pengerjaan yang benar.

Nilai kepadatan yang dihasilkan dalam penelitian ini cukup bervariasi sesuai dengan variasi kadar filler seperti pada gambar 6.6.

Terlihat bahwa dengan semakin meningkatnya kadar filler maka nilai kepadatan campuran semakin meningkat. Hal ini berlaku untuk jenis filler batu kapur dan batu

cadas. Dengan semakin meningkatnya kadar filler berarti butiran pengisi menjadi semakin banyak untuk dapat mengisi rongga bila campuran dipadatkan.

Dari hasil penelitian ini didapatkan hasil terbaik untuk kedua jenis filler tersebut yaitu pada kadar filler 8 %.



Gambar 6.6 Grafik hubungan antara kadar filler dengan density

### 6.3 Evaluasi Modulus Kekakuan Bitumen (S bit) yang digunakan

Pada perhitungan bitumen stiffness (modulus kekakuan bitumen) dengan menggunakan nomogram dikembangkan oleh Van der Poel dan formula diturunkan oleh Ullidz. Pada penentuan nilai aspal ini temperatur perkerasan yang digunakan adalah temperatur perkerasan rata-rata di Indonesia yaitu 30°C, panjang jejak roda diambil 25 cm dengan asumsi kecepatan kendaraan (V) = 50 km/jam.

### 6.3.1 Menggunakan nomogram Van der Poel

t = waktu pembebanan (detik)

v = kecepatan kendaraan (km/jam), diambil 50 km/jam

l = panjang jejak roda (cm), diambil 25 cm

T = temperatur rencana perkerasan (°C), diambil 30°C

$$1. t = \frac{l}{v} \text{ (detik)}$$

$$= \frac{0,25 \times 3600}{50000} = 0,018 \text{ detik} \approx 0,02 \text{ detik}$$

$$2. \text{ Titik lembek aspal (Trb)} = 51,5^\circ\text{C}$$

$$3. \text{ Penetrasi aspal pada suhu } 25^\circ\text{C (Pi)} = 62^\circ\text{C}$$

$$4. \text{ Suhu antara (Trb - T)} = 51,5^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C} = 21,5^\circ\text{C}$$

$$5. \text{ Penetrasi Index (PIr)}$$

$$\text{PIr} = \frac{27 \log \text{Pi} - 21,65}{76,35 \log \text{Pi} - 232,82}$$

$$\begin{aligned} \text{PIr} &= \frac{27 \log 62 - 21,65}{76,35 \log 62 - 232,82} \\ &= -0,2786 \end{aligned}$$

Dari data 1, 4 dan 5 dengan nomogram Van der Poel maka didapat kekakuan bitumen (S bit) =  $7,90 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ .

### 6.3.2 Menggunakan Formula Ullidz

$$\begin{aligned} 1. Pr &= 0,65 \text{ Pi} \\ &= 0,65 \times 62 \\ &= 40,30 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \text{ PIr} &= \frac{27 \log \text{ Pi} - 21,65}{76,35 \log \text{ Pi} - 232,82} \\
 &= \frac{27 \log 62 - 21,65}{76,35 \log 62 - 232,82} \\
 &= - 0.2786
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3. \text{ SPr} &= 98.4 - 26.35 \log \text{ Pr} \\
 &= 98,4 - 26,35 \log 40,30 \\
 &= 56.1002
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 4. \text{ Sb} &= 1,157 \times 10^{-7} \times t^{-0,368} \times 2,718^{-\text{PIr}} \times (\text{SPr} - T)^5 \\
 &= 1,157 \times 10^{-7} \times 0,018^{-0,368} \times 2,718^{-(-0,2786)} \\
 &\quad \times (56,002 - 30)^5 \\
 &= 8.12071278 \text{ Mpa} \\
 &= 8.1207 \times 10^6 \text{ N/m}^2
 \end{aligned}$$

Dari kedua cara tersebut diatas untuk mencari nilai kekakuan bitumen baik yang menggunakan nomogram Van der Poel maupun dengan rumus Ullidz didapat nilai yang tidak berbeda.

#### 6.4 Modulus Kekakuan Campuran (S mix)

Pada penelitian ini dicari nilai modulus kekakuan campuran dengan menggunakan nomogram dari Shell.

##### 6.4.1 Menggunakan Nomogram dari Shell

Sebagai contoh diambil dari sampel kadar filler debu kapur 2 %, kadar aspal 5,5 % dan modulus kekakuan bitumennya (S bit) =  $8,1207 \times 10^6 \text{ N/m}^2$

$$V_b = \frac{(100 - V_v) \cdot (M_b/G_b)}{(M_b/G_b) + (M_a/G_a)}$$

$$V_v = \frac{(\tau_{\max} - \tau_m) \times 100}{\tau_{\max}}$$

$$\tau_{\max} = \frac{100 \times \tau_w}{(M_b/G_b) + (M_a/G_a)}$$

$$M_a = \frac{1200 - 66}{1200} \times 100 \% = 94,50 \%$$

$$M_b = \frac{94,50}{1200} \times 100 \% = 5,5 \%$$

$$\tau_{\max} = \frac{100 \times 1}{(5,5/1,0416) + (94,50/2,6747)} = 2,4624$$

$$V_v = \frac{(2,4624 - 2,3957) \times 100}{2,4624} = 2,7087 \%$$

$$V_b = \frac{(100 - 2,7087) \cdot (5,5/1,0416)}{(5,5/1,0416) + (94,50/2,6747)} = 12,6499 \%$$

$$V_v + V_b + V_g = 100 \%$$

$$V_g = 100 \% - V_v - V_b$$

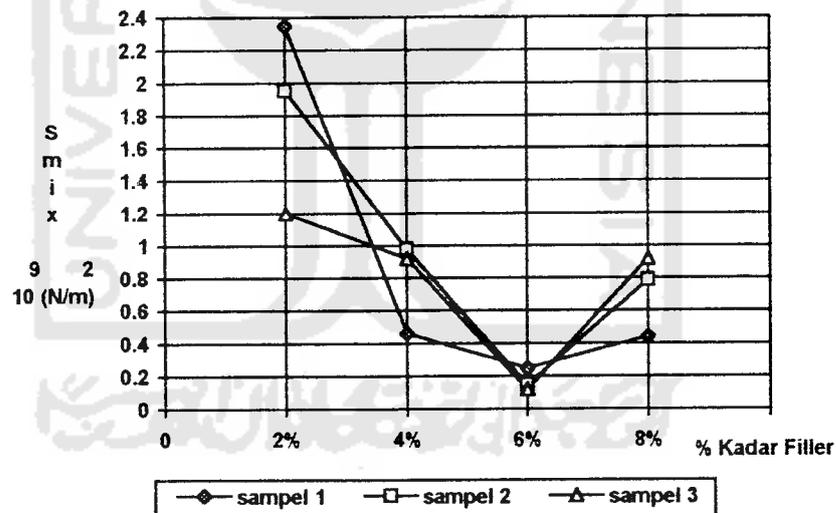
$$= 100 \% - 2,7087 \% - 12,6499 \% = 84,6414 \%$$

Dari hasil perhitungan diatas selanjutnya dicari nilai kekakuan campuran dari nomogram Shell. Dari nomogram didapat nilai kekakuan campuran ( $S_{\text{mix}}$ ) =  $1,9 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ .

Hasil perhitungan seluruh sampel dapat dilihat pada tabel 6.3 dan tabel 6.4 berikut :

Tabel 6.3 Perhitungan kekakuan campuran dari nomogram Shell untuk filler debu kapur

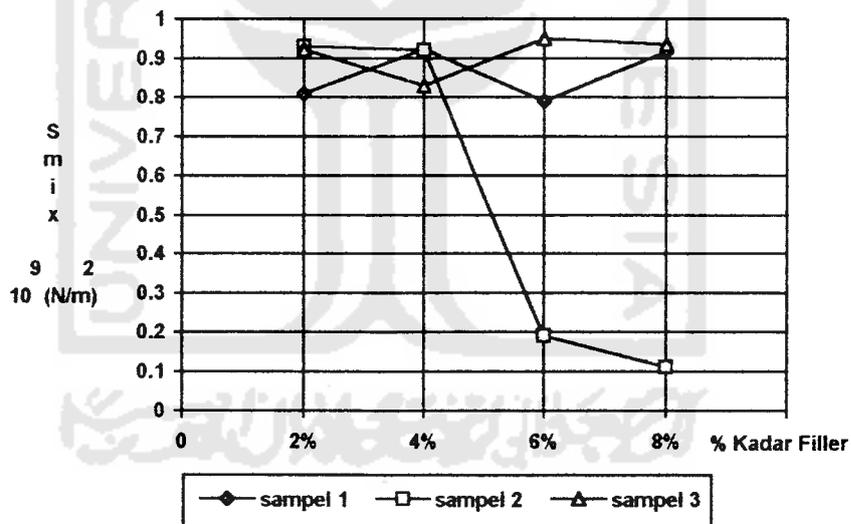
SAMPEL	Vb (%)	Vg (%)	Kekakuan Campuran (N/m <sup>2</sup> )
2 %			
1.	12,7257	85,1607	2,35 x 10 <sup>9</sup>
2.	12,6478	84,6272	1,95 x 10 <sup>9</sup>
3.	12,5770	84,1538	1,20 x 10 <sup>9</sup>
4 %			
1.	12,3442	82,5957	0,46 x 10 <sup>9</sup>
2.	12,5227	83,7899	0,98 x 10 <sup>9</sup>
3.	12,4392	83,2317	0,92 x 10 <sup>9</sup>
6 %			
1.	12,2037	81,6559	0,25 x 10 <sup>9</sup>
2.	12,1552	81,3309	0,15 x 10 <sup>9</sup>
3.	12,1515	81,3061	0,12 x 10 <sup>9</sup>
8 %			
1.	12,3173	82,4155	0,44 x 10 <sup>9</sup>
2.	11,9487	79,9495	7,90 x 10 <sup>8</sup>
3.	12,2164	81,7404	9,20 x 10 <sup>8</sup>



Gambar 6.7 Perhitungan kekakuan campuran dari nomogram Shell untuk filler batu kapur

Tabel 6.4 Perhitungan kekakuan campuran dari nomogram Shell untuk filler debu cadas

SAMPEL	V <sub>b</sub> (%)	V <sub>g</sub> (%)	Kekakuan Campuran (N/m <sup>2</sup> )
2 %			
1.	11,7449	78,5857	8,10 x 10 <sup>8</sup>
2.	12,0833	80,8504	9,30 x 10 <sup>8</sup>
3.	12,0078	80,3458	9,22 x 10 <sup>8</sup>
4 %			
1.	12,0786	80,8186	9,23 x 10 <sup>8</sup>
2.	12,0717	80,7727	9,21 x 10 <sup>8</sup>
3.	11,9830	80,1791	8,30 x 10 <sup>8</sup>
6 %			
1.	11,9476	79,9424	7,94 x 10 <sup>8</sup>
2.	12,1615	81,3733	0,19 x 10 <sup>9</sup>
3.	12,4271	83,1504	0,95 x 10 <sup>9</sup>
8 %			
1.	12,0062	80,3345	9,17 x 10 <sup>8</sup>
2.	12,1192	81,0906	0,11 x 10 <sup>9</sup>
3.	12,0907	80,8998	9,35 x 10 <sup>8</sup>



Gambar 6.8 Perhitungan kekakuan campuran dari nomogram Shell untuk filler batu cadas