

BAB III LANDASAN TEORI

A. Karakteristik *Marshall*

Karakteristik campuran dari lapis perkerasan dipengaruhi oleh susunan dan kualitas dari bahan-bahan penyusunnya, selain itu proses pelaksanaan dalam pengerjaannya juga dapat mempengaruhi kualitas campuran. Adapun karakteristik yang harus dimiliki oleh beton aspal campuran panas, antara lain adalah :

1. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan lapis perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk permanen seperti gelombang, alur ataupun *bleeding* (Sukirman, 1999). Stabilitas tergantung dari gesekan *internal friction* (gesekan antar agregat) dan kohesi.

2. Kelelehan / *flow*

Kelelehan adalah bentuk keadaan perubahan bentuk suatu campuran aspal yang terjadi akibat suatu beban, dinyatakan dalam mm. Parameter kelelehan diperlukan untuk mengetahui deformasi (perubahan bentuk) vertikal campuran pada saat dibebani hingga hancur (pada saat stabilitas maksimum). Kelelehan akan meningkat seiring meningkatnya kadar aspal (Lavin, 2003).

3. *Voids in Mix (VIM)* / Rongga Udara dalam Campuran

VIM adalah presentase volume rongga terhadap volume total campuran setelah dipadatkan, dinyatakan dalam %. VIM digunakan untuk mengetahui besarnya rongga campuran, sedemikian sehingga rongga tidak terlalu kecil (menimbulkan *bleeding*) atau terlalu besar (menimbulkan oksidasi/ penuaan aspal dengan masuknya udara). Nilai VIM mengalami penurunan dengan penambahan kadar aspal hingga mencapai rongga udara dalam campuran minimum (Lavin, 2003).

4. *Void in the Mineral Agregat (VMA)* / Rongga di antara Mineral Agregat

VMA adalah ruang di antara partikel agregat pada suatu perkerasan beraspal, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume

aspal yang diserap agregat). Volume rongga yang terdapat di antara partikel agregat suatu campuran beraspal yang telah dipadatkan, yaitu rongga udara dan volume kadar aspal efektif, yang dinyatakan dalam persentase terhadap volume total benda uji. Peran VMA penting di dalamnya untuk membuat ruang yang cukup bagi aspal untuk membuat campuran mempunyai durabilitas yang baik. Jika nilai VMA terlalu besar, akan dibutuhkan aspal dalam jumlah yang berlebihan untuk mengurangi rongga udara sehingga sesuai standar yang disyaratkan. Jumlah aspal yang berlebihan di dalam campuran juga dapat membuat stabilitas campuran terganggu (Lavin, 2003).

5. *Voids Filled with Asphalt (VFA) / Rongga Terisi Aspal*

VFA ditentukan dari jumlah VMA dan rongga udara di dalam campuran. VFA adalah persentase dari VMA yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Nilai VFA meningkat dengan penambahan kadar aspal (Sukirman, 1999).

6. *Marshall Quotient (MQ)*

MQ adalah hasil bagi dari stabilitas dengan kelelahan yang dipergunakan untuk pendekatan terhadap tingkat kekakuan atau kelenturan campuran, dinyatakan dalam kN/mm (Sukirman, 1999). Nilai MQ yang tinggi menunjukkan nilai kekakuan lapis keras tinggi. Lapis keras yang mempunyai nilai MQ yang terlalu tinggi akan mudah terjadi retak-retak akibat repetisi beban lalu lintas. Sebaliknya nilai MQ yang terlalu rendah menunjukkan campuran terlalu fleksibel yang mengakibatkan perkerasan mudah berubah bentuk bila menahan beban lalu lintas.

Tabel 3.1 Persyaratan sifat campuran untuk Laston

No.	Sifat-Sifat Campuran	Min	Maks	Satuan
1.	Stabilitas	800	-	kg
2.	Kelelehan	2	-	mm
3.	<i>Quotient Marshall</i>	200	-	kg/mm
4.	Rongga dalam campuran (VIM)	3	6	%
5.	Rongga di antara mineral agregat (VMA)	16	-	%
6.	Rongga terisi aspal (VFA)	65	-	%

Sumber : Bina Marga (1999)

B. Perhitungan dalam Campuran

Adapun dasar perhitungan yang menjadi acuan dalam penganalisisan data yaitu mengacu pada Bina Marga (1999) sebagai berikut :

1. Berat Jenis *Bulk* dan *Apparent Total Agregat*

Agregat total terdiri atas fraksi-fraksi agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi/*filler* yang masing-masing mempunyai berat jenis yang berbeda, baik berat jenis kering (*bulk specific gravity*) dan berat jenis semu (*apparent gravity*). Kedua macam berat jenis dari total agregat tersebut dapat dihitung dalam persamaan berikut :

Berat jenis kering (*bulk specific gravity*) dari total agregat dapat ditentukan dari:

$$G_{sb \text{ total agregat}} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_{sb1}} + \frac{P_2}{G_{sb2}} + \frac{P_3}{G_{sb3}} \dots + \frac{P_n}{G_{sbn}}} \dots \dots \dots (3.1)$$

Berat jenis semu (*apparent specific gravity*) dari total agregat dapat dihitung dari:

$$G_{sa \text{ total agregat}} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_{sa1}} + \frac{P_2}{G_{sa2}} + \frac{P_3}{G_{sa3}} \dots + \frac{P_n}{G_{san}}} \dots \dots \dots (3.2)$$

dengan,

$$G_{sb \text{ total agregat}} = \text{Berat jenis kering agregat} \quad \text{bungan (gr/cc)}$$

$G_{sb_1}, G_{sb_2}, G_{sb_n}$ = Berat jenis kering masing-masing agregat 1, 2, 3...
n (gr/cc)

$G_{sa_1}, G_{sa_2}, G_{sa_n}$ = Berat jenis semu masing-masing agregat 1, 2, 3...
n (gr/cc)

P_1, P_2, P_n = Persentase berat dari masing-masing agregat (%)

2. Berat Jenis Efektif Total Agregat

Berat jenis efektif total agregat dapat ditentukan dengan persamaan dibawah ini yang digunakan berdasarkan hasil pengujian kepadatan maksimum teoritis:

Berat jenis efektif dari total agregat dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$G_{se\text{ total agregat}} = \frac{G_{sb} - G_{sa}}{2} \dots \dots \dots (3.3)$$

$$G_{se\text{ total agregat}} = \frac{\frac{P_{mm} - P_b}{G_{mm}} + \frac{P_b}{G_b}}{\dots \dots \dots} (3.4)$$

dengan,

G_{sb} = Berat jenis kering/*bulk specific gravity* (gr/cc)

G_{sa} = Berat jenis semu/*apparent specific gravity* (gr/cc)

G_b = Berat jenis aspal (gr/cc)

$G_{se\text{ total agregat}}$ = Berat jenis efektif agregat gabungan (gr/cc)

$G_{se_1}, G_{se_2}, \dots, G_{se_n}$ = Berat jenis efektif dari masing-masing agregat 1,
2, 3...n

G_{mm} = Berat jenis campuran maksimum teoritis setelah
pemadatan (gr/cc)

P_{mm} = Persen berat total campuran (≈ 100)

P_b = Persentase kadar aspal terhadap total campuran
(%)

3. Volume Campuran dan Berat Jenis Campuran Setelah Pemadatan

Volume campuran setelah pemadatan dapat dihitung dengan persamaan berikut:

Berat jenis campuran setelah pemadatan dapat ditentukan dengan perhitungan berikut:

$$G_{mb} = \frac{W_a}{V_{bulk}} \dots \dots \dots (3.6)$$

Berat jenis campuran maksimum teoritis setelah pemadatan (G_{mm})

$$G_{mm} = \frac{P_{mm}}{\frac{P_s}{G_{se\text{total agregat}}} + \frac{P_b}{G_{sb\text{total agregat}}}} \dots \dots \dots (3.7)$$

dengan,

- V_{bulk} = Volume campuran setelah pemadatan (cc)
- P_{mm} = Persen berat total campuran (=100)
- P_s = Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran
- P_b = Kadar aspal, persen terhadap berat total campuran
- W_a = Berat dalam air (gr)
- G_{mb} = Berat jenis campuran setelah pemadatan (gr/cc)
- G_{mm} = Berat jenis campuran maksimum teoritis setelah pemadatan (gr/cc)

4. Stabilitas dan Kelelahan

Nilai stabilitas diperoleh berdasarkan nilai yang ditunjukkan oleh jarum dial masing-masing benda uji/sampel. Nilai yang ditunjukkan jarum dial harus dikonversikan terhadap alat *Marshall*. Pada umumnya alat *Marshall* yang digunakan satuannya adalah Lbf (*pound force*), sehingga harus disesuaikan satuannya terhadap satuan kilogram. Selanjutnya nilai tersebut harus disesuaikan terhadap angka koreksi akibat ketebalan benda uji. Untuk alat uji jarum dial kelelahan biasanya sudah dalam satuan milimeter (mm), sehingga tidak perlu dikonversi lebih lanjut.

5. Rongga Udara (*Air Voids*)

Rongga antar mineral agregat (VMA) adalah ruang/volume pori di antara partikel agregat pada suatu perkerasan beraspal, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat. VMA dihitung berdasarkan berat jenis *bulk* (G_{sb}) agregat dan dinyatakan

sebagai persen volume *bulk* campuran yang dipadatkan. Perhitungan VMA terhadap campuran dinyatakan sebagai berikut :

Rongga udara dalam mineral agregat (*Void in the Mineral Aggregate/VMA*) dihitung dengan persamaan berikut:

$$VMA = 100 - \left[(100 - P_b) \times \frac{G_{mb}}{G_{sb}} \right] \dots\dots\dots (3.8)$$

Rongga udara dalam campuran (V_a) atau VIM dalam campuran perkerasan beraspal terdiri dari atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal. Volume rongga udara dalam campuran (VIM) dapat ditentukan dengan persamaan berikut ini :

Rongga dalam campuran (*Void in the Mix/VIM*) dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$VIM = 100x - \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \dots\dots\dots (3.9)$$

Rongga terisi aspal atau *Volume of voids Filled with Asphalt* (VFA) adalah persen rongga yang terdapat di antara butir agregat (VMA) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang terasorbsi oleh agregat. Adapun persamaan penyelesaian sebagai berikut :

$$VFA = 100 \times \frac{(VMA - VIM)}{VMA} \dots\dots\dots (3.10)$$

dengan,

VIM = Rongga udara pada campuran setelah pemadatan, prosentase dari volume total (%)

VMA = Rongga udara pada mineral agregat, prosentase dari volume total (%)

VFA = Rongga udara yang terisi aspal, prosentase dari VMA (%)

G_{mm} = Berat jenis maksimum campuran (gr/cc)

P_b = Prosentase kadar aspal terhadap total campuran (%)

G_{mb} = Berat jenis campuran setelah pemadatan (gr/cc)

6. *Marshall Quotient*

Marshall Quotient dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

MS