

BAB III LANDASAN TEORI

A. Parameter Marshall

1. *Void in Mix (VIM) / Rongga Udara dalam Campuran*

VIM adalah volume pori yang masih tersisa setelah campuran beton aspal dipadatkan (Sukirman, 2007). 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).

2. *Void in Mineral Agregat (VMA) / Rongga diantara Mineral Agregat*

VMA adalah volume pori antara agregat di dalam beton aspal padat, % dari volume bulk dari beton aspal padat (Sukirman, 2007). Volume rongga yang terdapat diantara 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.

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

VFA adalah volume pori beton aspal yang terisi oleh aspal atau volume selimut aspal (Sukirman, 2007). Parameter VFA diperlukan untuk mengetahui apakah perkerasan memiliki keawetan dan tahanan air yang cukup memadai.

4. *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 *internal friction* (gesekan antar agregat) dan kohesi. Gesekan agregat tergantung dari tekstur permukaan gradasi agregat, bentuk partikel, kepadatan campuran dan tebal film aspal.

5. Kelelehan

Kelelehan adalah besarnya perubahan bentuk plastis dari beton aspal akibat adanya beban sampai batas maksimum (Sukirman, 2007).

6. Marshall Quotient (MQ)

MQ adalah ratio antara stabilitas dan kelelehan (Sukirman, 2007). 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.

Persyaratan untuk nilai parameter *Marshall* dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Persyaratan sifat campuran untuk HRA

No.	Sifat-sifat campuran	Persyaratan		Satuan
		Min	Maks	
1.	Rongga dalam campuran (VIM)	3,0	6,0	%
2.	Rongga dalam agregat (VMA)	18	-	%
3.	Rongga terisi aspal (VFA)	65	-	%
4.	Stabilitas	800	=	Kg
5.	Kelelehan / <i>flow</i>	2	-	mm
6.	<i>Marshall Quotient</i> (MQ)	200	-	Kg/mm

Sumber : Dinas Pekerjaan Umum (DPU), 2000

B. Perhitungan Campuran

Adapun dasar perhitungan yang menjadi acuan dalam penganalisisan data yaitu mengacu pada DPU (1990) dan *The Asphalt Institute* (1995) 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 3.1 dan 3.2:

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

$$G_{sb \text{ total agregat}} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_{sb_1}} + \frac{P_2}{G_{sb_2}} + \frac{P_3}{G_{sb_3}} \dots + \frac{P_n}{G_{sb_n}}} \dots \dots \dots (3.1)$$

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

$$G_{sa \text{ total agregat}} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_{sa_1}} + \frac{P_2}{G_{sa_2}} + \frac{P_3}{G_{sa_3}} \dots + \frac{P_n}{G_{sa_n}}} \dots \dots \dots (3.2)$$

dengan,

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

$G_{sa \text{ total agregat}}$ = Berat jenis semu agregat gabungan (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 3.3 da 3.4.

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

$$G_{se \text{ total agregat}} = \frac{100 - P_b}{\frac{100}{G_{mm}} + \frac{P_b}{G_b}} \dots \dots \dots (3.4)$$

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)

- $G_{se1}, G_{se2} \dots G_{se_n}$ = Berat jenis efektif dari masing-masing agregat 1, 2, 3... n
- G_{mm} = Berat jenis campuran maksimum teoritis setelah pemadatan (gr/cc)
- P_b = Persentase kadar aspal terhadap total campuran (%)

3. 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 mm (milimeter), sehingga tidak perlu dikonversi lebih lanjut.

4. Volume Campuran dan Berat Jenis Campuran Setelah Pemadatan

Volume campuran setelah pemadatan dapat dihitung dengan Persamaan 3.5, 3.6 dan 3.7.

$$V_{bulk} = W_{SSD} - W_a \dots\dots\dots (3.5)$$

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})

$$G_{mm} = \frac{100}{\frac{100 + P_b}{G_{se_{total\ agregat}}} + \frac{P_b}{G_{sb_{total\ agregat}}}} \dots\dots\dots (3.7)$$

dengan,

V_{bulk} = Volume campuran setelah pemadatan (cc)

W_{SSD} = Berat dalam kondisi kering permukaan (gr)

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)

5. Penyerapan Aspal

Penyerapan aspal dinyatakan dalam persen terhadap berat agregat total, tidak terhadap berat campuran. Perhitungan penyerapan aspal (P_{ba}) adalah sebagai berikut :

$$P_{ba} = \frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{se} \times G_{sb}} \times G_b \dots\dots\dots (3.8)$$

dengan,

P_{ba} = Penyerapan aspal, persen total agregat (%)

G_{sb} = Berat jenis bulk agregat (gr/cc)

G_{se} = Berat jenis efektif agregat (gr/cc)

G_b = Berat jenis aspal (gr/cc)

6. Rongga Udara (*Air Voids*)

Rongga antar mineral agregat (VMA) adalah ruang rongga diantara partikel agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap). VMA dihitung berdasarkan berat jenis *bulk* (G_{sb}) agregat dan dinyatakan sebagai persen volume *bulk* campuran yang dipadatkan. Perhitungan VMA terhadap campuran dinyatakan dalam persamaan 3.9.:

$$VMA = 100 - \left[(100 - P_b) \times \frac{G_{mb}}{G_{sb}} \right] \dots\dots\dots (3.9)$$

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 dapat ditentukan dengan Persamaan 3.10.

$$VIM = 100 - 100 \times \frac{G_{mb}}{G_{sb}} \dots\dots\dots (3.10)$$

Rongga terisi aspal (VFA) adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat (VMA) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Adapun persamaan penyelesaian di gunakan persamaan 3.11.

$$VFA = 100 \times \frac{(VMA - VIM)}{VMA} \dots\dots\dots (3.11)$$

dengan,

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

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

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

Pb = Prosentase kadar aspal terhadap total campuran (%)

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

G_{sb} = Berat jenis bulk dari agregat pembentuk beton aspal padat

7. Marshall Quotient dan Indeks Kekuatan Sisa

Marshall Quotient dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.12 dan 3.13.

$$MQ = \frac{MS}{MF} \dots\dots\dots (3.12)$$

Selanjutnya dilakukan uji perendaman Marshall untuk mendapatkan nilai indeks kekuatan sisa (*Index of Retained Strength/IRS*).

Indeks kekuatan sisa (*Index of Retained Strength/IRS*) dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$IRS = \left[\frac{S_i}{S_b} \right] \times 100\% \dots\dots\dots (3.13)$$

dengan,

MQ = Marshall Quotient (kg/mm)

MS = Marshall Stability (kg)

MF = Flow Marshall (mm)

- IRS** = Indeks perendaman/Indeks stabilitas sisa
- Si** = Stabilitas *Marshall* setelah perendaman 24 jam dengan suhu ruang $\pm 60^{\circ}\text{C}$ (kg)
- Ss** = Stabilitas *Marshall* standar pada perendaman selama 30 – 40 menit pada temperatur 60°C (kg)