

BAB III

LANDASAN TEORI

A. Metode Pengujian Material

1. Agregat Kasar dan *Steel Slag*

Agregat kasar merupakan agregat yang tertahan diatas saringan 2.36 mm (No.8), menurut saringan ASTM.

a. Berat Jenis Curah Kering

Perbandingan antara berat jenis agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

Dalam Perhitungan berat jenis curah kering (Sd) menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Berat Jenis Curah Kering} = \frac{A}{(B-C)} \dots\dots\dots (3.1)$$

dengan,

A = Berat benda uji kering oven (gram)

B = Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gram)

C = Berat benda uji dalam air (gram)

b. Berat Jenis Curah (Jenuh Kering Permukaan)

Perbandingan antara berat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

Dalam perhitungan berat jenis curah kering permukaan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Berat Jenis Curah (Jenuh Kering Permukaan)} = \frac{B}{(B-C)} \dots\dots\dots (3.2)$$

dengan,

B = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gram)

C = berat benda uji di dalam air (gram)

c. Berat Jenis Semu

Perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu.

Dalam perhitungan berat jenis semu menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Berat Jenis Semu} = \frac{A}{(A-C)} \dots\dots\dots (3.3)$$

dengan,

A = berat benda uji kering oven (gram)

C = berat benda uji dalam air (gram)

d. Penyerapan Air

Presentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering.

Dalam perhitungan presentase penyerapan air menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Penyerapan air} = \left[\frac{B-A}{A} \right] \times 100\% \dots\dots\dots (3.4)$$

dengan,

A = berat benda uji kering oven (gram)

B = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gram)

e. Keausan Agregat dengan mesin *Los Angeles*

menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin abrasi *Los Angeles*, dengan tujuannya untuk mengetahui angka keausan yang dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus terhadap berat semula dalam persen. Untuk menghitung keausan agregat maka digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Keausan} = \frac{A-B}{A} \times 100\% \dots\dots\dots (3.5)$$

dengan,

A = berat benda uji semula (gram)

B = berat benda uji tertahan saringan No.12 (1,70mm) (gram)

2. Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat hasil pemecah batu yang mempunyai sifat lolos saringan No. 8 (2,36 mm) tertahan saringan No.200 (0,075 mm). Dalam hitungan berat jenis agregat halus menggunakan piknometer, dengan cara

menghitung jumlah air yang dibutuhkan untuk mengisi piknometer pada temperatur yang ditentukan secara volumetrik dengan menggunakan buret dengan ketelitian 0,15 ml.

a. Berat Jenis Curah Kering

Dalam perhitungan berat jenis curah Kering menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Berat Jenis Curah Kering} = \frac{Bk}{(B+SSD-Bt)} \dots\dots\dots(3.6)$$

Dengan,

BK = berat benda uji kering oven (gram)

B = berat piknometer yang berisi air (gram)

Bt = berat piknometer berisi benda uji dan air (gram)

SSD = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gram)

b. Berat Jenis Curah (Jenuh Kering Permukaan)

Dalam perhitungan berat jenis curah kering permukaan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan} = \frac{SSD}{(B+SSD-Bt)} \dots\dots\dots(3.7)$$

Dengan,

B = berat piknometer yang berisi air (gram)

Bt = berat piknometer berisi benda uji dan air (gram)

SSD = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gram)

c. Berat Jenis Semu

Dalam perhitungan berat jenis semu menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Berat Jenis Semua} = \frac{Bk}{(B+Bk-Bt)} \dots\dots\dots (3.8)$$

dengan,

BK = berat benda uji kering oven (gram)

B = berat piknometer yang berisi air (gram)

Bt = berat piknometer dengan benda uji dan air (gram)

d. Penyerapan Air

Dalam perhitungan presentase penyerapan air menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Penyerapan air} = \left[\frac{SSD-Bk}{Bk} \right] \times 100\% \dots\dots\dots (3.9)$$

dengan,

Bk = berat benda uji kering oven (gram)

SSD = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gram)

3. Pengujian Aspal

a. Pengujian Penetrasi

Bertujuan untuk mendapatkan angka penetrasi aspal keras. Penetrasi adalah masuknya jarum penetrasi ukuran tertentu, beban tertentu, dan waktu tertentu kedalam aspal pada temperatur tertentu.

b. Pengujian titik nyala dan titik bakar

Titik nyala merupakan temperatur pada saat terlihat nyala singkat kurang dari 5 detik pada suatu titik diatas permukaan aspal. Titik bakar merupakan temperatur pada saat terlihat nyala sekurang-kurangnya 5 detik pada suatu titik pada permukaan aspal. Bertujuan untuk mendapatkan besaran temperatur dimana terlihat nyala singkat kurang dari 5 detik dan terlihat nyala minimal 5 detik di atas permukaan aspal sesuai SNI 06-2433-1991.

c. Pengujian titik lembek

Untuk mendapatkan nilai titik lembek aspal dilakukan pengujian titik lembek menggunakan alat cincin dan bola, dimaksudkan untuk menentukan angka titik lembek aspal yang berkisar dari 30° sampai 157° dengan cara *Ring and Ball*.

d. Berat Jenis

Merupakan perbandingan antara berat aspal dengan berat air suling dengan volume yang sama.

e. Kehilangan Berat Minyak dan Aspal

Dalam pengujian berat minyak dan aspal dengan cara pemanasan dan tebal tertentu, dinyatakan dalam persen berat semula.

B. Parameter dan Formula Perhitungan Marshall

Parameter dan Formula untuk menganalisa campuran aspal panas (menurut SNI 06-2489-1991) adalah sebagai berikut:

1. Berat Jenis Aspal

Aspal pada perkerasan jalan merupakan bahan pengikat agregat yang mutu dan jumlahnya sangat menentukan keberhasilan suatu campuran beraspal. Salah satu jenis pengujian yang terdapat dalam persyaratan mutu aspal adalah berat jenis. Selain untuk memenuhi persyaratan aspal, berat jenis juga diperlukan pada saat pelaksanaan untuk konversi dari berat ke volume atau sebaliknya. Pemeriksaan berat jenis aspal di laboratorium (*Specific Gravity Test*) adalah perbandingan antara berat aspal dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu (25°C atau 15,6°C).

$$\text{Berat Jenis} = \frac{(C - A)}{(B - A) - (D - C)} \dots\dots\dots(3.10)$$

Keterangan :

- A = massa piknometer dan penutup;
- B = massa piknometer dan penutup berisi air;
- C = massa piknometer, penutup dan benda uji;
- D = massa piknometer, penutup, benda uji dan air.

2. Berat Jenis dan Penyerapan Air 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 dan berat jenis semu. Penyerapan terhadap air juga berbeda antara agregat kasar dan agregat halus.

a. Agregat Kasar

1) Berat jenis kering

$$S_d = \frac{A}{(B-C)} \dots\dots\dots(3.11)$$

2) Berat jenis semu

$$S_a = \frac{A}{(A-C)} \dots\dots\dots(3.12)$$

3) Penyerapan air

$$S_w = \left[\frac{B-A}{A} \times 100\% \right] \dots\dots\dots(3.13)$$

4) Berat jenis efektif

$$B.J.Efektif = \frac{S_a + S_d}{2} \dots\dots\dots(3.14)$$

Keterangan :

- S_d : Berat Jenis Kering
 S_a : Berat Jenis Semu
 S_w : Penyerapan Air
 A : berat benda uji kering oven
 B : berat benda uji jenuh kering permukaan
 C : berat benda uji dalam air

b. Agregat Halus

- 1) Berat jenis kering

$$S_d = \frac{Bk}{(B+SSD-Bt)} \dots\dots\dots(3.15)$$

- 2) Berat jenis semu

$$S_a = \frac{Bk}{(B+Bk-Bt)} \dots\dots\dots(3.16)$$

- 3) Penyerapan air

$$S_w = \frac{SSD-Bk}{Bk} \times 100\% \dots\dots\dots(3.17)$$

- 4) Berat jenis efektif

$$B.J.Efektif = \frac{S_a+S_d}{2} \dots\dots\dots(3.18)$$

Keterangan :

- S_d : Berat Jenis Kering
 S_a : Berat Jenis Semu
 S_w : Penyerapan Air
 B_k : Berat pasir kering
 B : Berat piknometer + air
 B_t : Berat piknometer + pasir + air
 SSD : Berat pasir kering permukaan

3. Rongga dalam Agregat (VMA)

Rongga antar mineral agregat (VMA) adalah ruang rongga di antara partikel agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). VMA dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$VMA = 100 - \frac{(100 - \%aspal) \times \text{berat volume b.u}}{B.J.Agregat} \dots\dots\dots(3.19)$$

Keterangan :

VMA : Rongga udara pada mineral agregat (%)

%Aspal : Kadar aspal terhadap campuran (%)

B.J. Agregat : Berat jenis efektif

4. Rongga dalam Campuran (VIM)

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

$$VIM = 100 - \frac{100 \times \text{berat volume b.u}}{B.J.\text{maksimum teoritis}} \dots\dots\dots(3.20)$$

Berat jenis maksimum teoritis :

$$BJ = \frac{100}{\frac{\%agr}{B.J.Agr} + \frac{\%aspal}{B.J.Aspal}} \dots\dots\dots(3.21)$$

Keterangan :

VIM : Rongga udara pada campuran setelah pemadatan (%)

B.J Teoritis : Berat jenis campuran maksimum teoritis setelah pemadatan (gr/cc)

5. Rongga terisi Aspal (VFWA)

Rongga terisi aspal (VFWA) adalah persen rongga yang terdapat di antara partikel agregat yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Rumus adalah sebagai berikut :

$$VFWA = 100 \times \frac{\text{volume aspal}}{VMA} \dots\dots\dots(3.22)$$

Keterangan :

VFWA : Rongga udara terisi aspal (%)

VMA : Rongga udara pada mineral agregat (%)

6. Stabilitas

Nilai stabilitas diperoleh berdasarkan nilai masing masing yang ditunjukkan oleh jarum arloji. Untuk nilai stabilitas, nilai yang ditunjukkan pada arloji perlu dikonversi terhadap alat *Marshall*. Hasil pembacaan di arloji stabiilitas harus dikalikan dengan nilai kalibrasi *proving ring* yang digunakan pada alat *Marshall*. Pada penelitian ini, alat *Marshall* yang digunakan mempunyai nilai kalibrasi *proving ring* sebesar 15,9. Selanjutnya, nilai

tersebut juga harus disesuaikan dengan angka koreksi terhadap ketebalan benda uji.

Tabel 3.1 Angka koreksi tebal benda uji

Tebal (mm)	Angka Koreksi
65	0,935
66	0,90
67	0,885
68	0,865
69	0,855
70	0,845
71	0,835
72	0,825

Sumber: Asphalt Institute MS-2, 1988

7. Kelelahan (*Flow*)

Seperti halnya cara memperoleh nilai stabilitas, nilai *flow* diperoleh dari angka yang ditunjukkan jarum arloji pembacaan *flow* pada alat *Marshall*. Hanya saja, untuk arloji pembacaan *flow*, nilai yang didapat sudah dalam satuan mm, sehingga tidak perlu dikonversi lebih lanjut.

8. Hasil bagi *Marshall* / *Marshall Quotient* (*MQ*)

Hasil bagi *Marshall* / *Marshall Quotient* (*MQ*) merupakan hasil pembagian dari stabilitas dan kelelahan. Sifat *Marshall* tersebut dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$MQ = \frac{\text{Stabilitas}}{\text{Flow}} \dots\dots\dots(3.23)$$

Keterangan :

MQ : *Marshall Quotient* (kg/mm)

Flow : Kelelahan (mm)

C. Karakteristik *Marshall*

Rancangan campuran berdasarkan metode *Marshall* ditemukan oleh Bruce Marshall, dan telah distandarisasi oleh ASTM ataupun AASHTO melalui beberapa modifikasi, yaitu ASTM D 1559-76, atau AASHTO T-245-90. Prinsip dasar metode *Marshall* adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelahan (*flow*), serta analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk. Alat *Marshall* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin pengujian) berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs) dan *flowmeter*. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan *flowmeter* untuk mengukur kelelahan plastis atau

flow. Prosedur pengujian *Marshall* mengikuti SNI 06-2489-1991, atau AASHTO T 245-90, atau ASTM D 1559-76. Secara garis besar pengujian *Marshall* meliputi : persiapan benda uji, penentuan berat jenis bulk dari benda uji, pemeriksaan nilai stabilitas dan *flow*, serta perhitungan sifat volumetrik benda uji. Pada persiapan benda uji, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain:

1. Jumlah benda uji yang disiapkan.
2. Persiapan agregat yang akan digunakan.
3. Penentuan temperatur pencampuran dan pemadatan.
4. Persiapan campuran aspal beton.
5. Pemadatan benda uji.
6. Persiapan untuk pengujian *Marshall*.

Dibawah ini merupakan tabel spesifikasi sifat-sifat campuran Laston (AC) dan campuran Laston Modifikasi (AC Mod) menurut Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 3).

Tabel. 3.2 Spesifikasi Campuran Laston (AC)

Sifat-sifat Caampuran	Spesifikasi Laston (AC-WC)
Jumlah tumbukan per bidang	75 kali
Rongga dalam Campuran (VIM)	3-5 %
Rongga dalam Agregat (VMA)	Min 15 %
Rongga terisi Aspal (VFA)	Min 65 %
Stabilitas	Min 800 kg
Kelelahan (<i>Flow</i>)	Min 3 mm
<i>Marshall Quotient (MQ)</i>	-

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 3)

Tabel. 3.3 Spesifikasi Campuran Laston Modifikasi (AC Mod)

Sifat-sifat Caampuran	Spesifikasi Laston (AC-WC)
Jumlah tumbukan per bidang	75 kali
Rongga dalam Campuran (VIM)	3-5 %
Rongga dalam Agregat (VMA)	Min 15 %
Rongga terisi Aspal (VFA)	Min 65 %
Stabilitas	Min 1000kg
Kelelahan (<i>Flow</i>)	Min 3 mm
<i>Marshall Quotient (MQ)</i>	-

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 3)