

BAB III
LANDASAN TEORI

A. Metode Pengujian Bahan campuran

Adapun dasar perhitungan yang menjadi acuan dalam pengujian material yaitu mengacu pada spesifikasi Bina Marga Edisi 2010 (revisi 3) sebagai berikut:

1. Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan ukuran gradasi butiran yang tertahan saringan No.8 (2,36mm) yang dilakukan secara basah dan harus bersih, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan (pada Tabel 2.7). Metode pengujian agregat kasar yang dilakukan adalah berdasarkan SNI 1969:2008 dan SNI 2417:2008 yaitu untuk menentukan keausan, berat jenis dan penyerapan air pada agregat. Berikut adalah beberapa perhitungan yang digunakan pada agregat kasar yaitu :

a. Keausan Agregat Dengan Mesin *Los Angeles*

Keausan Agregat dengan mesin *Los Angeles* merupakan pengujian untuk mengetahui angka keausan yang dinyatakan dengan perbandingan berat bahan aus terhadap berat semula dalam persen. Untuk menghitung keausan agregat maka digunakan persamaan sebagai berikut: (SNI 2417:2008)

$$\text{Keausan} = \frac{(a-b)}{b} \times 100\% \dots\dots\dots(3.1)$$

dimana,

a : berat benda uji semula (gram)

b : berat benda uji tertahan saringan No. 12 (1,70mm) (gram)

b. Berat Jenis Kering

$$S_d = \frac{a}{(b-c)} \dots\dots\dots(3.2)$$

c. Berat Jenis Kering Permukaan

$$S_s = \frac{b}{(b-c)} \dots\dots\dots(3.3)$$

d. Berat Jenis Semu

$$S_a = \frac{a}{(a-c)} \dots\dots\dots(3.4)$$

e. Penyerapan Air

$$S_w = \frac{(b-a)}{a} \times 100\% \dots\dots\dots(3.5)$$

f. Berat Jenis Efektif

$$BJ_{efektif} = \frac{S_a + S_d}{2} \dots\dots\dots(3.6)$$

Keterangan:

S_d : berat jenis kering

S_s : berat jenis kering permukaan

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

g. Analisis Saringan Agregat Kasar dan Halus

Analisis saringan agregat adalah untuk menghitung persentase lolos dan persentase total tertahan atas masing-masing saringan terhadap berat total benda uji setelah disaring, untuk menentukan grafik kumulatif *mix design* dan pada beton untuk menentukan modulus kehalusan (*fineness modulus*) (SNI 03-1968-1990). Metode pengujian untuk analisis saringan agregat kasar dan agregat halus yang digunakan adalah berdasarkan SNI ASTM C136:2012. Berikut adalah cara untuk menghitung agregat yang lolos dan tertahan pada tiap saringan:

$$\text{Persen tertahan} = \frac{\text{jumla h massa tertahan pada saingan}}{\text{Massa total agregat}} \times 100\% \dots\dots(3.7)$$

$$\text{Persen lolos} = 100\% - \text{Persen tertahan} \dots\dots\dots(3.8)$$

Setelah menghitung persen lolos dan persen yang tertahan, selanjutnya adalah menentukan komposisi fraksi agregat yang dibutuhkan dalam suatu campuran (*mix design*) sesuai dengan spesifikasi yang

disyaratkan (pada Tabel 2.5) dengan memasukan hasil perhitungan pada grafik *mix design*.

2. Agregat Halus

Agregat halus adalah material yang lolos saringan no.8 (2,36 mm). Cara penghitungan berat jenis agregat halus menggunakan *piknometer* dengan menghitung jumlah air yang dibutuhkan untuk mengisi *piknometer* pada temperatur yang ditentukan secara *volumetric*. Berikut adalah beberapa persamaan yang digunakan untuk menentukan besaran agregat halus : (SNI 1970:1990)

a. Berat Jenis Kering

$$S_d = \frac{Bk}{(B+SSD-Bt)} \dots\dots\dots(3.9)$$

b. Berat Jenis Kering Permukaan

$$S_s = \frac{B+SSD}{(B+SSD-Bt)} \dots\dots\dots(3.10)$$

c. Berat Jenis Semu

$$S_a = \frac{Bk}{(B+Bk-Bt)} \dots\dots\dots(3.11)$$

d. Penyerapan Air

$$S_w = \frac{(SSD-Bk)}{Bk} \times 100\% \dots\dots\dots(3.12)$$

e. Berat Jenis Efektif

$$BJ_{efektif} = \frac{S_a+S_d}{2} \dots\dots\dots(3.13)$$

keterangan:

S_d : berat jenis kering

S_a : berat jenis semu

S_w : penyerapan air

Bk : berat pasir kering

B : berat piknometer + air

Bt : berat piknometer + pasir + air

SSD : berat pasir kering permukaan

3. Aspal dan Aspal Modifikasi Limbah Domestik Gelas Plastik

Aspal merupakan material yang memiliki sifat *viskoelastisitas*. Aspal akan melunak dan mencair jika suhu meningkat atau mendapat pemanasan yang intensif dan lama. Sifat *viskoelastis* inilah yang membuat aspal dapat menyelimuti dan menahan agregat tetap pada tempatnya dan mengurangi kandungan pori udara, sehingga dengan kata lain dapat mengurangi penetrasi air dalam campuran.

Pemeriksaan aspal tersebut antara lain:

a. Pemeriksaan Penetrasi

Penetrasi adalah suatu cara untuk mengetahui konsistensi aspal. Konsistensi aspal merupakan derajat kekentalan aspal yang sangat dipengaruhi oleh suhu. Untuk aspal keras atau lembek penentuan konsistensi dilakukan dengan penetrometer. Konsistensi dinyatakan dengan angka penetrasi, yaitu masuknya jarum penetrasi dengan beban tertentu kedalam benda uji aspal pada suhu 25°C selama 5 detik. Penetrasi dinyatakan dengan angka dalam satuan 0,1mm. Penentuan konsistensi dengan cara ini efektif terhadap aspal dengan angka penetrasi berkisar 50 sampai 100. (SNI 06-2456-1991 dan SNI 2456:2011)

b. Titik Lembek

Titik lembek merupakan temperatur saat bola baja dengan berat tertentu, mendesak turun lapisan aspal yang tertahan dalam cincin berukuran tertentu, sehingga aspal menyentuh plat dasar yang terletak di bawah cincin pada jarak 25,4 mm sebagai akibat pemanasan. Titik lembek sendiri bervariasi antara 30⁰C sampai 157⁰C (SNI 2434:2011).

c. Berat Jenis

Berat jenis aspal adalah perbandingan berat jenis aspal terhadap berat jenis air. Mencari berat jenis dapat dilakukan dengan menggunakan alat piknometer. Perhitungan berat jenis aspal menggunakan persamaan berikut: (SNI 2441:2011)

$$\text{Berat Jenis} = \frac{(C-A)}{[(B-A)-(D-C)]} \dots\dots\dots(3.14)$$

dimana,

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

Untuk mencari berat isi benda uji maka digunakan persamaan berikut:

$$\text{Berat Isi} = \text{Berat Jenis} \times W_T \dots\dots\dots(3.15)$$

dimana,

W_T : berat isi air pada temperatur pengujian

d. Daktilitas

Daktilitas merupakan nilai keelastisan aspal yang diukur dari jarak terpanjang pemuluran aspal dalam cetakan pada saat putus setelah ditarik dengan kecepatan 5 cm permenit \pm 2,5 mm pada suhu 25⁰C (SNI 2432:2011)

e. Kehilangan Berat Minyak dan Aspal

Kehilangan berat minyak dan aspal merupakan selisih berat sebelum dan sesudah pemanasan pada tebal tertentu pada suhu tertentu. Untuk mencari nilai kehilangan berat minyak dan aspal dapat digunakan persamaan berikut:(SNI 06-2440-1991)

$$\text{Kehilangan Berat} = \frac{(A-B)}{A} \times 100\% \dots\dots\dots(3.16)$$

dimana,

A : berat benda uji mula

B : berat benda uji setelah pemanasan

f. Titik Nyala dan Titik Bakar

Titik nyala adalah suhu pada saat terlihat nyala singkat pada suatu titik diatas permukaan aspal. Titik bakar adalah suhu pada saat terlihat nyala sekurang-kurangnya 5 detik pada suatu titik diatas permukaan aspal. Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan titik nyala dan titik bakar dari semua jenis hasil minyak bumi kecuali minyak bakar dan bahan lainnya yang mempunyai titik nyala kurang

dari 79⁰C. pengujian ini dilakukan dengan alat *Cleveland open cup*. Semua jenis aspal memiliki titik nyala pada rentang 79⁰C sampai dengan 400⁰C. Persamaan untuk menentukan titik nyala dan titik bakar adalah:(SNI 2433:2011)

$$\text{Titik nyala/bakar terkoreksi} = C+0,25(101,3-k)\dots\dots\dots(3.17)$$

dimana,

C : titik nyala

k : tekanan barometer udara (kPa)

B. Parameter dan perhitungan *Marshall*

Bruce Marshall adalah seorang insinyur dan ilmuwan bahan aspal. Bersama dengan *The Missipi State Highway Department. The U.S Army Corp Of Engineers* (Lavin, 2003). Telah mengembangkan konsep dasar dari metode *Marshall* dengan melanjutkan penelitian secara intensif dan mempelajari hal baru yang berkaitan, meningkatkan dan menambah kelengkapan pada produser pengujian *Marshall* dan akhirnya mengembangkan rancangan campuran pengujian ini, yang telah distandarisasikan di dalam ASTM D-1559 dan SNI 06-2484-1991.

Adapun parameter yang harus dimiliki oleh beton aspal campuran panas, antara lain adalah:

1. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan lapis perkerasan yang menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk permanen seperti gelombang, alur maupun *bleeding* (Sukirman, 1992). Stabilitas tergantung dari gesekan *internal friction* (gesekan antar agregat) dan kohesi. Gesekan agregat tergantung dari tekstur permukaan gradasi agregat, bentuk partikel, kepadatan campuran dan tebal lapis aspal.

2. Kelelahan

Kelelahan adalah bentuk keadaan perubahan bentuk suatu campuran aspal yang terjadi akibat suatu beban, dinyatakan dalam mm. Parameter kelelahan (*flow*) digunakan untuk mengetahui deformasi (perubahan bentuk) vertikal campuran pada saat dibebani hingga hancur

(pada stabilitas maksimum). Kelelahan akan meningkat seiring meningkatnya kadar aspal (Lavin, 2003).

3. *Void In Mix (VIM)*

Rongga udara dalam campuran *Void In Mix (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:

$$VIM = 100 - \frac{100 \times \text{berat volume b.u}}{BJ_{\text{maksimum teoritis}}} \dots\dots\dots(3.18)$$

$$BJ_{\text{maksimum teoritis}} = \frac{100}{\frac{\% \text{ agregat}}{BJ_{\text{agregat}}} + \frac{\% \text{ aspal}}{BJ_{\text{aspal}}}} \dots\dots\dots(3.19)$$

dimana,

VIM : rongga udara pada campuran setelah pemadatan (%)

BJ_{maksimum teoritis} : berat jenis campuran maksimum teoritis setelah pemadatan (gr/cc)

4. *Density (Kepadatan)*

Density atau kerapatan merupakan tingkat kerapatan setelah campuran dipadatkan. Semakin tinggi nilai *density* menunjukkan bahwa kerapatan juga semakin baik. Nilai *density* dipengaruhi oleh faktor seperti gradasi campuran, jenis, kapasitas bahan penyusun, penggunaan kadar aspal dan penambahan bahan *additive* dalam campuran.

5. *Void In the Mineral Agregat (VMA)*

Rongga antar mineral agregat *Void In the 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 agregat). *VMA* dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$VMA = 100 - \frac{(100 - \% \text{ aspal}) \times \text{berat volume b.u}}{BJ_{\text{agregat}}} \dots\dots\dots(3.20)$$

dimana,

VMA : rongga udara pada mineral agregat (%)

% aspal : kadar aspal terhadap campuran (%)

BJ_{agregat} : berat jenis efektif

6. *Voids Filled with Asphalt (VFA)*

Rongga terisi aspal *Voids Filled with Asphalt (VFA)* adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai *VFA*:

$$VFA = 100 - \frac{\text{volume aspal}}{VMA} \dots\dots\dots(3.21)$$

dimana,

VFA : rongga udara terisi aspal (%)

VMA : rongga udara pada mineral agregat (%)

7. *Marshall Quotient (MQ)*

Marshall Quotient (MQ) adalah hasil bagi stabilitas dengan kelelahan yang dipergunakan untuk pendekatan terhadap tingkat kekakuan atau kelenturan campuran, untuk pendekatan terhadap tingkat kekakuan atau kelenturan campuran, dinyatakan dalam kN/mm (Sukirman, 1992). Nilai *MQ* yang tinggi menunjukkan nilai kekakuan lapis perkerasan yang tinggi. Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk menentukan nilai *MQ*:

$$MQ = \frac{\text{stabilitas}}{\text{flow}} \dots\dots\dots(3.22)$$

dimana,

MQ : *Marshall Quotient* (kg/mm)

Flow : Kelelahan (mm)

*Standar karakteristik marshall dapat dilihat pada Tabel 2.4 halaman 14 dan 15