

BAB III

LANDASAN TEORI

A. Karakteristik *Marshall*

Pengertian karakteristik marshall dalam penelitian ini diambil dari

(http://eprints.undip.ac.id/34022/6/1893_CHAPTER_II.pdf)

1. Stabilitas

Stabilitas merupakan kemampuan lapis keras untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan bentuk tetap seperti gelombang dan alur. Nilai stabilitas dipengaruhi oleh bentuk, kualitas, tekstur permukaan dan gradasi agregat yaitu gesekan antar butiran agregat dan penguncian antar agregat, daya lekat dan kadar aspal dalam campuran. Penggunaan aspal dalam campuran akan menentukan nilai stabilitas campuran tersebut. Seiring dengan penambahan aspal, nilai stabilitas akan meningkat hingga batas maksimum. Penambahan aspal di atas batas maksimum justru akan menurunkan stabilitas campuran itu sendiri sehingga lapis perkerasan menjadi kaku dan bersifat getas. Nilai stabilitas juga berpengaruh pada fleksibilitas lapis perkerasan yang dihasilkan.

2. Kelelahan / *flow*

Kelelahan (*flow*) adalah besarnya deformasi vertikal benda uji yang terjadi pada awal pembebanan sehingga stabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterimanya. Deformasi yang terjadi erat kaitannya dengan sifat-sifat Marshall yang lain seperti stabilitas, VIM dan VFA. Nilai VIM yang besar menyebabkan berkurangnya *interlocking resistance* campuran dan dapat berakibat timbulnya deformasi. Campuran yang memiliki angka kelelahan rendah dengan stabilitas tinggi cenderung menjadi kaku dan getas. Sedangkan campuran yang memiliki angka kelelahan tinggi dan stabilitas rendah cenderung plastis dan mudah berubah bentuk apabila mendapat beban lalu lintas. Kerapatan campuran yang baik, kadar aspal yang cukup dan stabilitas yang baik akan memberikan pengaruh terhadap campuran beraspal.

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

Void in The Mix (VIM) merupakan persentase rongga yang terdapat dalam total campuran. Nilai VIM berpengaruh terhadap keawetan lapis perkerasan, semakin tinggi nilai VIM menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat porous. Hal ini mengakibatkan campuran menjadi kurang rapat sehingga air dan udara mudah memasuki rongga-rongga dalam campuran yang menyebabkan aspal mudah teroksidasi sehingga menyebabkan lekatan antar butiran agregat berkurang sehingga terjadi pelepasan butiran dan pengelupasan permukaan pada lapis perkerasan.

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

Void Filled With Asphalt (VFA) merupakan persentase rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan, yaitu jumlah dan temperatur pemadatan, gradasi agregat dan kadar aspal. Nilai VFA berpengaruh pada sifat kedap air campuran terhadap air dan udara serta sifat elastisitas campuran. Dengan kata lain VFA menentukan stabilitas, fleksibilitas dan durabilitas. Semakin tinggi nilai VFA berarti semakin banyak rongga dalam campuran yang terisi aspal sehingga kedap air campuran terhadap air dan udara juga semakin tinggi, tetapi nilai VFA yang terlalu tinggi akan menyebabkan *bleeding*. Nilai VFA yang terlalu kecil akan menyebabkan campuran kurang kedap terhadap air dan udara karena lapisan film aspal akan menjadi tipis dan akan mudah retak bila menerima penambahan beban sehingga campuran aspal mudah teroksidasi yang akhirnya menyebabkan lapis perkerasan tidak tahan lama.

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

Void in Mineral Aggregate (VMA) adalah rongga udara antar butir agregataspal padat, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif yang dinyatakan dalam persen terhadap total volume. Kuantitas rongga udara pengaruh terhadap kinerja suatu campuran karena jika VMA terlalu kecil maka campuran bisa mengalami masalah durabilitas dan jika VMA terlalu besar maka campuran bisa memperlihatkan masalah stabilitas. Nilai VMA dipengaruhi oleh faktor pemadatan, yaitu jumlah dan temperatur pemadatan, gradasi agregat dan kadar aspal. Nilai VMA ini berpengaruh pada sifat kedap air campuran terhadap air dan udara serta sifat elastis campuran.

5. Marshall Quantient (MQ)

Marshall Quantient merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan *flow*. Nilai *marshall quantient* akan memberikan nilai fleksibilitas campuran. Semakin besar nilai *marshall quantient* berarti campuran semakin kaku, sebaliknya bila semakin kecil nilainya maka campuran semakin lentur. Nilai *Marshall Quantient* dipengaruhi oleh stabilitas dan *flow*. Jika 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 Laston

Sifat-Sifat Campuran	Laston WC	
	Min	Maks
Rongga dalam Campuran (VIM) (%)	3,0	5,0
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	15	
Rongga terisi Aspal (VFA) (%)	65	
Stabilitas Marshall (kg)	800	
Kelelehan (mm)	3	
Marshall Quotient (kg/mm)	250	

Sumber : Spesifikasi umum 2010 - 2

B. Perhitungan Campuran

1. 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 :

$$G_{se\ total\ agregat} = \frac{P_{mm} - P_b}{\frac{P_{mm}}{G_{mm}} - \frac{P_b}{G_b}} \dots \dots \dots (3.1)$$

dengan,

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

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

- G_{sa} = Berat jenis semu/*apparent spesific gravity* (gr/cc)
 $G_{se_1}, G_{se_2}, \dots, G_{se_n}$ = Berat jenis efektif dari masing-masing agregat 1, 2, ... n
 P_{mm} = Persen berat total campuran (=100)
 G_{mm} = Berat jenis campuran maksimum teoritis setelah pemadatan (gr/cc)
 P_b = Persentase kadar aspal terhadap total campuran (%)
 G_b = Berat jenis aspal (gr/cc)

2. Berat jenis campuran maksimum dengan kadar aspal berbeda

$$G_{mm} = \frac{P_{mm}}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_b}{G_b}} \dots \dots \dots (3.2)$$

dengan,

- G_{mm} = Berat jenis campuran maksimum (gr/cc)
 P_{mm} = Persen berat terhadap total campuran (=100)
 P_s = Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran
 P_b = Kadar aspal, persen terhadap berat total campuran
 G_{se} = Berat jenis efektif agregat (gr/cc)
 G_b = Berat jenis aspal (gr/cc)

3. Berat jenis *bulk*

Berat jenis kering (*bulk spesific gravity*) dari total agregat dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$G_{sb} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \frac{P_3}{G_3} \dots + \frac{P_n}{G_n}} \dots \dots \dots (3.3)$$

dengan,

- G_{sb} = berat jenis *bulk*
 P_1, P_2, P_n = persentase masing-masing fraksi agregat
 G_1, G_2, G_n = berat jenis masing-masing fraksi agregat

4. Berat jenis curah campuran padat

$$G_{mb} = 100 - \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}} \dots \dots \dots (3.4)$$

5. Rongga di antara mineral agregat

$$VMA = 100 - \left(\frac{Gmb \times Ps}{Gmb} \right) \dots \dots \dots (3.5)$$

dengan,

VMA = rongga diantara mineral agregat, persen terhadap volume total campuran

Gsb = berat jenis *bulk*

Gmb = berat jenis curah campuran padat

Ps = persen agregat terhadap berat total campuran

6. Rongga di dalam campuran

$$VIM = 100 - \frac{100 \times (Gmm - Gmb)}{Gmm} \dots \dots \dots (3.6)$$

Dengan :

VIM = rongga di dalam campuran, persen terhadap volume total campuran

Gmb = berat jenis curah campuran padat

Gmm = berat jenis maksimum campuran

7. Rongga terisi aspal

$$VFA = \frac{100(VMA - VIM)}{VMA} \dots \dots \dots (3.7)$$

Dengan :

VFA = rongga terisi aspal, persen terhadap VMA

VMA = rongga diantara mineral agregat

VIM = rongga di dalam campuran

8. Stabilitas dan Kelelehan

Nilai stabilitas diperoleh berdasarkan pembacaan arloji tekan dikalikan dengan hasil kalibrasi cincin penguji serta angka korelasi beban. Angka korelasi beban terlampir.

9. Pelelehan (mm)

Dibaca pada arloji pengukur pelelehan

10. Marshall Quotient

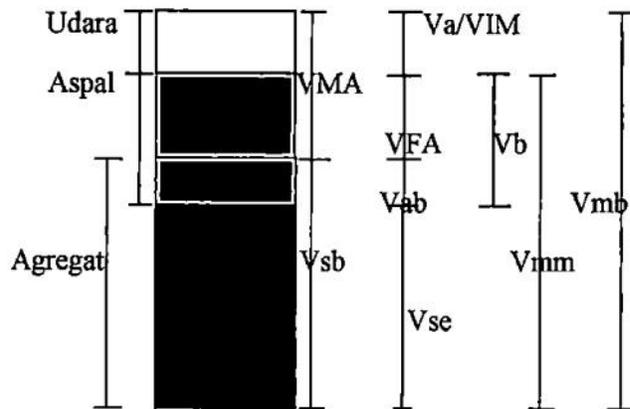
Marshall Quotient dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$MQ = \frac{MS}{MF} \dots \dots \dots (3.8)$$

dengan, MQ = Marshall Quotient (kg/mm)

MS = Marshall Stability (kg)

MF = Flow Marshall (mm)



Gambar 3.1 Gambar campuran beraspal

dengan : VMA : Volume pori antar butiran agregat

Vsb : Volume agregat (bulk)

Va/VIM : Volume pori dalam campuran yang telah dipadatkan

VFA : Volume pori terisi aspal dalam campuran setelah dipadatkan

Vab : Volume aspal yang terabsorpsi

Vse : Volume agregat (efektif)

Vb : Volume aspal dalam campuran yang telah dipadatkan

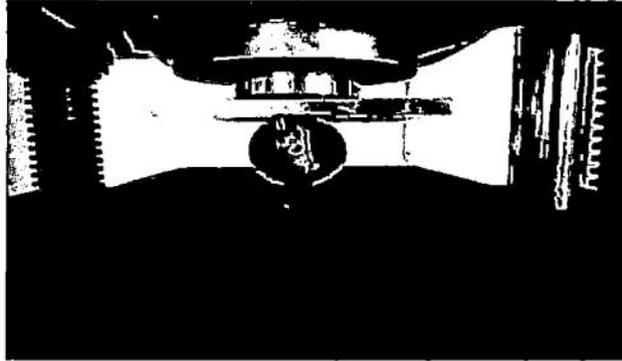
Vmm : Volume dari campuran tanpa volume udara

Vmb : Volume bulk dari campuran yang telah dipadatkan

C. Kuat Tarik Belah

Menurut SNI 03-2491-2002 pengujian kuat tarik belah digunakan untuk mengevaluasi ketahanan geser dari komponen struktur yang terbuat dari beton yang menggunakan agregat ringan. Pada aspal dilakukan percobaan dengan pengujian kuat tarik belah. dimaksudkan untuk mengetahui ketahanan geser dari perkerasan seperti pada beton karena untuk aspal biasanya digunakan pengujian Marshall yang bertujuan untuk mengetahui stabilitas dari perkerasan.

Pengujian terhadap kekuatan tarik dilakukan dengan cara pengujian tarik belah dengan menggunakan *split cylinder test*, dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.2 Contoh pengujian kuat tarik belah

Berdasarkan AASHTO T 198-97 (ASTM C 496-90), kuat tarik belah dapat dihitung dengan Persamaan 3.9.

$$T = \frac{2P}{\pi dl} \dots\dots\dots(3.9)$$

dengan,

T = Kuat tarik belah (KPa)

P = Beban uji maksimum (benda belah/hancur) (kN)

l = Panjang benda uji (m)

d = Diameter benda uji (m)

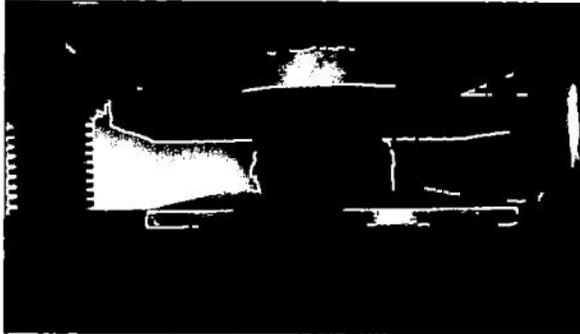
Kuat tarik belah biasanya digunakan pada beton. Pada beton, nilai dari kuat tarik sangat kecil dan kuat tarik belah beton berpengaruh terhadap kemampuan beton dalam mengatasi retak awal sebelum dibebani. Pada penelitian ini selain dilakukan pengujian *Marshall*, juga dilakukan pengujian kuat tarik belah. Tahapan dari pengujian beton dengan penelitian ini disamakan.

D. Kuat Tekan Normal

Selain menggunakan uji *Marshall* dan uji tarik belah, pada penelitian ini juga digunakan pengujian kuat tekan normal untuk mengetahui beban maksimum yang dapat ditahan oleh lapisan perkerasan. Kekuatan tekan pada beton diartikan sebagai perbandingan beban terhadap luas penampang (Tjokrodimuljo, 2007).

Kuat tekan silinder dapat dihitung dengan persamaan 3.10. Dari pengujian kuat tekan normal ini berguna untuk mengetahui beban maksimum yang dapat ditahan oleh lapisan perkerasan dan juga akan didapatkan data tegangan dan regangan yang akan digunakan untuk menghitung modulus pengujian yang akan ditunjukkan pada persamaan 3.11.

Contoh pengujian kuat tekan normal akan ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.3 Contoh pengujian kuat tekan normal

Berdasarkan SNI 03-6758-2002, kuat tekan pada campuran aspal dapat dihitung dengan persamaan 3.10.

$$\sigma = \frac{P \text{ maks}}{A} \quad (3.10)$$

dengan, σ = Kuat tekan (KPa)

$P \text{ maks}$ = Beban vertikal maksimum (kN)

A = Luas penampang benda uji (m^2)

Nilai modulus pengujian untuk hasil pengujian dari kuat tarik belah dan kuat tekan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.11.

$$E = \frac{\tau}{\varepsilon} \dots \dots \dots (3.11)$$

dengan, E = Modulus elastisitas pengujian (MPa)

τ = Tegangan (N/mm^2)

ε = Regangan (%)