

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Sifat dan bahan penyusun lapis aspal beton

Berdasarkan SKBI – 2.4.26. 1987, (*Petunjuk pelaksanaan lapis aspal beton untuk jalan raya*), (4,60). Lapis aspal beton mempunyai sifat-sifat antara lain : tahan terhadap keausan akibat lalu lintas, kedap air, mempunyai nilai struktural, mempunyai stabilitas yang tinggi dan peka terhadap penyimpangan perencanaan dan perancangan.

Laston merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan raya, yang terdiri dari campuran aspal keras, agregat kasar dan agregat halus, butiran pengisi yang dicampur secara merata pada suhu tertentu, dibawa ke lokasi, dihamparkan dan dipadatkan dengan mesin pemadat dan akhirnya diperoleh lapisan padat aspal beton (Bina Marga, 1987).

Fungsi lapis aspal beton dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Sebagai lapis permukaan yang tahan terhadap cuaca, gaya geser dan tekanan roda serta memberikan lapis kedap air yang dapat melindungi lapis di bawahnya dari rembesan air.
2. Sebagai lapis pondasi atas.

Sesuai dengan fungsinya maka lapis aspal beton mempunyai kandungan agregat dan aspal yang berbeda. Sebagai lapis aus, maka kadar aspal yang dikandungnya haruslah cukup sehingga dapat memberikan lapis yang kedap air.

Persyaratan campuran laston apabila dilakukan pengujian *Marshall* dapat dilihat pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Persyaratan campuran Beton aspal

Jenis pemeriksaan	Kepadatan lalu lintas		
	Berat	Sedang	Ringan
Stabilitas (Kg)	750	650	460
Kelelehan (mm)	2-4	2-4,5	2 - 5
% rongga dalam campuran (%)	3 - 5	3 - 5	3 - 5
% rongga terisi aspal (%)	72 - 82	75 - 85	75 - 85
Jumlah tumbukan	2 x 75	2 x 50	2 x 35

Sumber : Bina Marga, 1987

3.1.1 Aspal

Aspal digunakan sebagai bahan ikat dan pengisi rongga antar batuan pada campuran beton aspal. Sifat-sifat aspal akan sangat berpengaruh terhadap karakteristik campuran perkerasan.

- a). **Sifat termoplastik.** Aspal adalah bahan termoplastik (*viskositasnya*) berubah sesuai dengan perubahan temperatur. Pada temperatur tinggi, *viskositas* aspal rendah (aspal lebih cair), aspal memiliki daya ikat tinggi dan mampu mengisi rongga antar batuan secara merata, akan tetapi pemanasan yang terlalu tinggi akan merusak sifat-sifat aspal, sehingga aspal akan lebih cepat mengeras. Sebaliknya bila pemanasan aspal kurang, aspal bersifat kental yang akan menyebabkan aspal tidak dapat menyelimuti batuan secara merata.
- b). **Sifat keawetan (*durability*).** Sifat keawetan aspal didasarkan pada daya tahannya untuk tetap mempertahankan sifat aslinya apabila mengalami proses pelaksanaan konstruksi, pengaruh cuaca dan pembebanan lalu lintas. Sifat keawetan dari aspal yang utama adalah daya tahannya terhadap pengerasan.
- c). **Rheology,** yaitu sifat aspal dimana hubungan antara tegangan dengan regangannya dipengaruhi oleh waktu, sifat ini akan berpengaruh terhadap nilai modulus kekakuan campuran, yang diwujudkan dalam bentuk waktu pembebanan (*time of loading*).

Aspal yang digunakan dalam penelitian ini berupa aspal Pen AC 60-70. Sebagai standar spesifikasi yang dipakai berdasarkan petunjuk pelaksanaan lapis beton aspal untuk jalan raya yang diterbitkan oleh Litbang Departemen Pekerjaan Umum Ditjen Bina Marga, seperti pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Persyaratan aspal keras

No.	Jenis Pemeriksaan	Pen 60-70	Pen 80-100	Satuan
1	Penetrasi (25° C, 5 detik)	60-79	80-99	0,1 mm
2	Titik lembek (ring and ball)	48-58	54-80	° C
3	Titik nyala (Clev. Open cup)	200	225	° C
4	Kehilangan berat (163° C, 5 jam)	0,8	0,1	% berat
5	Kelarutan (CCL ₄ atau CS ₂)	99	99	% berat
6	Daktilitas (25° C, 5 cm/menit)	100	100	Cm
7	Penetrasi setelah kehilangan berat	54	75	% semula
8	Berat jenis (25° C)	1	1	-

Sumber : Bina Marga, 1987

3.1.2 Sifat fisik agregat dan gradasi agregat

The Asphalt Institute MS-2 (1991) menyebutkan bahwa menurut ukuran butirannya agregat dapat dikelompokkan menjadi 3 yaitu agregat kasar, agregat halus dan agregat pengisi (*filler*).

a. Agregat kasar.

Agregat kasar yaitu batuan yang tertahan saringan no. 8 (2,36 mm). Agregat kasar dalam campuran akan berfungsi memberikan stabilitas campuran dengan cara saling mengunci dari masing-masing partikel agregat kasar, serta diperoleh juga stabilitas dari tahanan gesek (*friction resistance*) terhadap suatu aksi perpindahan. Bentuk dan tekstur dari agregat kasar sangat menentukan dalam memberikan stabilitas yang tinggi. Oleh karena agregat kasar yang ideal adalah agregat yang memiliki bentuk siku-siku mendekati kubus dan permukaannya kasar.

b. Agregat halus.

Agregat halus yaitu batuan yang lolos saringan no. 8 (2,360 mm) dan tertahan saringan no. 200 (0,075 mm). Fungsi dari agregat halus dalam campuran adalah untuk menambah stabilitas campuran dengan memperkokoh sifat saling mengunci dari agregat kasar. Disamping itu agregat halus juga berfungsi mengurangi rongga udara dalam campuran dan menaikkan luas permukaan (*surface area*) dari agregat, sehingga mengakibatkan naiknya kadar aspal, hal ini akan mengakibatkan campuran perkerasan menjadi lebih awet.

c. Agregat pengisi (*filler*).

Agregat pengisi (*filler*), yaitu batuan yang lolos saringan no. 200 (0,075 mm) dan tertahan pan. Filler bisa berupa semen Portland, debu batu, batu

kapur dan lain sebagainya. Filler berfungsi mengisi rongga dalam campuran dan meningkatkan kerapatan dan stabilitas campuran.

Gradasi agregat beton aspal yang dipergunakan dalam penelitian ini mengikuti spesifikasi teknis campuran seperti terdapat dalam tabel 3.3.

Tabel 3.3 Pembagian gradasi agregat beton aspal

Ukuran Saringan (mm)	% berat yang lolos										
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
38,1	-	-	-	-	-	100	-	-	-	-	-
25,4	-	-	-	-	100	90-100	-	-	100	100	-
19,1	-	100	-	100	80-100	82-100	100	-	85-100	95-100	100
12,7	100	75-100	100	80-100	-	72-90	80-100	100	-	-	-
9,52	75-100	60-85	80-100	70-90	60-80	-	-	-	65-85	56-78	74-92
4,76	35-55	55-75	50-70	50-70	48-65	52-70	54-72	62-80	45-65	36-60	48-70
2,38	20-35	20-35	35-50	35-50	35-50	40-56	42-58	44-60	34-54	27-47	33-53
0,59	10-22	10-22	18-29	18-29	19-30	24-36	26-38	28-40	20-35	13-28	15-30
0,279	6-16	6-16	13-23	13-23	13-23	16-26	18-28	20-30	16-26	9-20	10-20
0,149	4-12	4-12	8-16	8-16	7-15	10-18	12-20	12-20	10-18	-	-
0,074	2-8	2-8	4-10	4-10	1-8	6-12	6-12	6-12	5-10	4-8	4-9

Sumber : Bina Marga, 1987

- a). No. campuran : I,III,IV, VI, VIII, IX, X dan XI dapat dipergunakan untuk lapis permukaan.
- b). No. campuran : II dipergunakan untuk lapis pembukaan, perata (*leveling*), dan lapis antara (*binder*).

c). No. campuran : V dipergunakan untuk lapis permukaan dan lapis antara (*binder*).

Agregat yang akan dipergunakan dalam pembuatan benda uji harus memenuhi persyaratan sebagaimana tercantum pada tabel 3.4. dan tabel 3.5.

Tabel 3.4 Persyaratan kualitas agregat kasar

No.	Jenis pemeriksaan	Cara pemeriksaan	Persyaratan	satuan
1	Tingkat keausan dengan mesin <i>Los Angeles</i>	PB-0202-76	≤ 40	%
2	Kelekatan terhadap aspal	PB-0205-76	≥ 95	%
3	Penyerapan terhadap air	PB-0202-75	≤ 3	%
4	Berat jenis semu	PB-0202-76	2,5	-
5	Berat jenis kering permukaan jenuh	PB-0202-76	2,5	-
6	Tingkat keawetan (<i>Soundness</i>)	PB-0202-75	≤ 12	%

Sumber : Bina Marga, 1987

Tabel 3.5. Persyaratan kualitas agregat halus

No.	Jenis pemeriksaan	Cara pemeriksaan	Persyaratan	Satuan
1	Berat jenis semu	PB-0202-07	$\geq 2,5$	-
2	Penyerapan terhadap air	PB-0202-07	≤ 3	%
3	Nilai <i>sand equivalent</i>	PB-0202-07	≥ 50	%

Sumber : Bina Marga, 1987

3.2 Karakteristik *Marshall*

Salah satu karakteristik *Marshall* yang penting adalah stabilitas. Nilai stabilitas campuran sangat dipengaruhi oleh *frictional resistance* dan *interlocking* antara partikel agregat dan *kohesi* campurannya.

Nilai stabilitas yang terlalu tinggi menyebabkan beton aspal terlalu kaku, mudah mengalami retak bila menerima beban. Sebaliknya bila nilai stabilitas terlalu rendah beton aspal akan mudah mengalami *rutting* oleh beban lalu lintas. Bina Marga (1983) maupun AASHTO (1998) memberikan persyaratan nilai stabilitas beton aspal untuk lalu lintas berat minimal 550 kg.

Menurut *The Asphalt Institute*, MS-2 (1984) stabilitas adalah kemampuan lapis keras dalam menerima beban lalu lintas tanpa terjadi adanya deformasi permanen. Selain nilai stabilitas, parameter lain yang dapat diperoleh dari pengujian *Marshall* adalah kepadatan campuran (*density*), VITM (*Voids in the mix*) atau VITM (*voids in total mix*), VFWA (*void filled with asphalt*), *Flow* dan MQ (*Marshall quotient*).

Density adalah tingkat kerapatan setelah campuran dipadatkan. *Density* dipengaruhi oleh gradasi campuran, jenis dan kualitas bahan susun, kadar aspal kekentalan aspal, jumlah dan suhu pemadatan.

Flow atau kelelahan menunjukkan besarnya deformasi vertikal dari campuran akibat beban yang bekerja padanya mulai awal pembebanan sampai

kondisi kestabilan menurun. Pengukuran nilai *flow* dilakukan bersamaan dengan pengukuran nilai stabilitas *Marshall*.

VFWA (*Void filled with asphalt*) adalah prosentase rongga dalam agregat padat yang terisi aspal. VFWA yang terlalu tinggi dapat menyebabkan aspal naik kepermukaan pada campuran bersifat *porus* dan mudah *teroksidasi* (Robert et al, 1991).

VITM (*voids in total mix*) adalah prosentase rongga udara yang ada terhadap volume pada suatu campuran. VITM sama artinya dengan *porositas* dan nilainya akan berkurang dengan bertambahnya kadar aspal dalam campuran karena rongga antar butir agregat akan terisi aspal (Robert et al, 1991).

Untuk memperoleh nilai tersebut diperlukan data lain seperti :

1. Berat jenis aspal = (berat / volume).
2. Berat jenis agregat

Berat jenis agregat merupakan gabungan dari berat jenis agregat kasar, agregat halus dan *filler*. Untuk memperoleh nilai berat jenis tersebut

digunakan rumus (3.1) di bawah ini.

$$BJ \text{ agregat} = \frac{100}{(A/F1) + (B/F2) + (C/F3)} \quad (3.1)$$

Keterangan :

A = Persentase agregat kasar,	F1 = Berat jenis agregat kasar
B = Persentase agregat halus,	F2 = Berat jenis agregat halus
C = Persentase <i>filler</i> ,	F3 = Berat jenis <i>filler</i>

semakin cepat, berupa alur dan retak. Nilai VITM dihitung dengan rumus (3.8), (3.9) dan (3.10) di bawah ini.

$$\text{VITM} = 100 - \left(100 \times \frac{g}{h}\right) \quad (3.8)$$

$$g = c / f \quad (3.9)$$

$$f = d - e \quad (3.10)$$

Keterangan :

g = Nilai kepadatan (gr/cc)

d = Berat benda uji jenuh air (gr)

e = Berat benda uji dalam air (gr)

f = Volume benda uji (cc)

c = Berat kering / sebelum direndam (gr)

6. Marshall Quotient (QM)

Nilai dari *Marshall Quotient* diperoleh dengan rumus (3.11) dibawah ini.

$$\text{QM} = q / r \quad (3.11)$$

Keterangan :

q - Nilai stabilitas (kg)

r - Nilai flow (mm)

QM = Nilai *Marshall Quotient* (kg/mm)

Selanjutnya nilai-nilai yang diperoleh dibandingkan dengan spesifikasi teknis seperti pada tabel 3.6.

Tabel 3.6. Persyaratan kualitas *Marshall* campuran

Parameter	Persyaratan		Satuan
	*)	**)	
1. Stabilitas	≥ 800	≥ 550	Kg
2. Flow	≥ 2	2-4	Mm
3. VMA	≥ 16	≥ 14	%
4. VITM	3-5	3-5	%
5. VFWA	≥ 65	-	%
6. MQ	200-500	200-500	Kg/mm

Sumber : * Bina Marga (IRE, 1998), **) Bina Marga, 1987

3.3 Permeabilitas

Permeabilitas campuran beton aspal dapat diukur dengan dua nilai yaitu sebagai nilai K (cm^2) yang menunjukkan nilai permeabilitasnya atau sebagai koefisien permeabilitas k (cm/det). Nilai koefisien permeabilitas dapat didekati dengan empiris yang sudah banyak digunakan dari analisa hidrolika. Menurut formula dari yang diturunkan dari hukum *Darcy* dalam Fauziah, M (2001) adalah sebagai berikut :

$$Q = k.i.A \quad (3.12)$$

Rumus di atas diturunkan menjadi :

$$k = \frac{Q}{(i.A)} \quad (3.13)$$

$$k = \frac{V.L}{(h.A.T)} \quad (3.14)$$

$$k = \frac{V.L.\gamma_{air}}{(A.P.T)} \quad (3.15)$$

Keterangan:

- q = V/T = Debit rembesan (cm^3/detik)
- V = Volume rembesan (cm^3)
- T = Lama waktu rembesan terukur (detik)
- k = Koefisien permeabilitas (cm/detik)
- i = h/L Gradien hidrolik, parameter tak berdimensi
- h = P / γ_{air} = Selisih tinggi tckanan total (cm)
- P = Tekanan air pengujian (dyne/cm^2)
- γ_{air} = $p_{air} \times g$ = Berat unit ($9,807 \text{ dyne}/\text{cm}^3$)
- A = Luas penampang benda uji yang dilalui Q cm^3/detik (cm^2)
- L = Tebal sampel (cm)

Mullen (1967) dalam Fauziah, M (2001) menetapkan pembagian campuran aspal berdasarkan permeabilitas seperti tertera pada tabel 3.7.

Tabel 3.7. Klasifikasi campuran aspal berdasarkan angka permeabilitas

k (cm/det)	Permeabilitas
1×10^{-8}	Kedap (<i>Impervious</i>)
1×10^{-6}	Hampir kedap (<i>Practically Impervious</i>)
1×10^{-4}	Drainase jelek (<i>poor drainage</i>)
100×10^{-4}	Drainase sedang (<i>Fair drainage</i>)
1000×10^{-4}	Drainase baik (<i>Good drainage</i>)

Sumber : Mullen (1967) dalam Fauziah, M (2001)

