

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah suatu konstruksi di atas tanah dasar yang berfungsi untuk memikul beban lalu lintas dengan aman dan nyaman.

Berdasarkan bahan pengikatnya konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan atas : (Sukirman, S, 1992)

1. Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
2. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikat. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton.
3. Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku diatas perkerasan lentur.

Menurut *Asphalt Technology And Contruction Practise (The Asphalt Institute, 1983)*, bagian-bagian konstruksi jalan adalah sebagai berikut.

1. Lapis permukaan (*surface course*)
2. Lapis pondasi atas (*base course*)
3. Lapis pondasi bawah (*sub base course*)
4. Tanah dasar (*subgrade*).

Masing-masing mempunyai fungsi yang berbeda-beda, yaitu :

1. Lapis permukaan (*surface course*)
 - a. Memberikan suatu permukaan yang rata dan tidak licin.
 - b. Mendukung dan menyebarkan beban vertikal maupun horisontal/gaya geser dari beban kendaraan.
 - c. Sebagai lapisan kedap air untuk melindungi badan jalan.
 - d. Sebagai lapisan aus.
2. Lapis pondasi atas (*base course*)
 - a. Sebagai lapis pendukung bagi lapis permukaan.
 - b. Pemikul beban horisontal dan vertikal.
 - c. Sebagai lapis peresapan bagi lapis pondasi bawah.
3. Lapis pondasi bawah (*sub base course*)
 - a. Menyebarkan beban roda.
 - b. Sebagai lapis perkerasan.
 - c. Sebagai lapis pencegah masuknya tanah dasar ke lapis pondasi.
 - d. Sebagai lapisan pertama untuk pelaksanaan perkerasan, karena umumnya tanah dasar lemah.

4. Tanah dasar (*sub grade*)

Fungsi dari tanah dasar (*sub grade*) adalah secara keseluruhan menentukan mutu dan daya tahan konstruksi perkerasan jalan yang diletakkan di atasnya. Tanah dasar yang baik untuk konstruksi perkerasan jalan adalah tanah yang berasal dari lokasi setempat atau didekatnya, yang telah dipadatkan sampai tingkat kepadatan tertentu sehingga mempunyai daya dukung yang baik serta kemampuan mempertahankan perubahan volume selama masa pelayanan walaupun terdapat perbedaan kondisi lingkungan.

Konstruksi perkerasan jalan dipandang dari segi kemampuan memikul dan menyebarkan beban, haruslah memenuhi syarat-syarat : (*Sukirman, S, 1992*)

1. Ketebalan yang cukup sehingga mampu menyebarkan beban atau muatan lalulintas ke tanah dasar.
2. Kedap terhadap air, sehingga air tidak mudah meresap ke lapisan di bawahnya.
3. Permukaan mudah mengalirkan air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya dapat cepat dialirkan.
4. Kekakuan untuk memikul beban yang bekerja tanpa menimbulkan deformasi yang berarti.

3.2 Karakteristik Campuran

Karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh campuran beton aspal adalah : (*Sukirman, S, 1992*)

3.2.1 Stabilitas

Stabilitas lapisan perkerasan jalan adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk, seperti gelombang, alur, ataupun *bleeding*.

Stabilitas terjadi dari hasil geseran antar butir, penguncian antar partikel dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal. Dengan demikian stabilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan menggunakan penggunaan :

1. Agregat dengan gradasi yang rapat (*dense graded*).
2. Agregat dengan permukaan yang kasar.
3. Agregat berbentuk kubus.
4. Aspal dengan penetrasi rendah.
5. Aspal dalam jumlah yang mencukupi untuk ikatan antar butir.

3.2.2 Durabilitas (keawetan/daya tahan)

Durabilitas diperlukan pada lapisan permukaan sehingga lapisan mampu menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air dan perubahan suhu ataupun keausan akibat gesekan kendaraan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi durabilitas lapis beton aspal adalah :

1. Film aspal atau selimut aspal
2. *Void In The Mix (VITM)*
3. *Void Filled With Asphalt (VFWA)*

3.2.3 Fleksibilitas (kelenturan)

Fleksibilitas pada lapis perkerasan adalah kemampuan lapisan untuk mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume.

Faktor-faktor yang mempengaruhi fleksibilitas adalah :

1. Gradasi campuran
2. Jenis penetrasi aspal
3. Jumlah aspal yang digunakan

3.2.4 Kemudahan pelaksanaan (*workability*)

Yang dimaksud dengan kemudahan pelaksanaan adalah mudahnya suatu campuran untuk dihampar dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang diharapkan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kemudahan dalam pelaksanaan adalah:

1. Gradasi agregat
2. Temperatur campuran
3. Kandungan bahan pengisi (*filler*)

3.2.5 *Impermeability*

Impermeability adalah sifat kedap air dan udara yang dimiliki perkerasan, yaitu kemampuan untuk mencegah masuknya air dan udara kedalam lapis perkerasan. Hal ini erat kaitannya dengan jumlah rongga dalam campuran.

3.3 Persyaratan Beton Aspal

Persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi untuk campuran beton aspal adalah seperti dalam tabel 3.1 di bawah ini.

Tabel 3.1 Syarat Beton Aspal

Jenis Pemeriksaan	Kepadatan Lalulintas					
	Bina Marga (1987)			Bina Marga (1983)		
	Berat	Sedang	Ringan	Berat	Sedang	Ringan
Stabilitas (Kg)	550	450	350	750	550	450
Kelelehan (mm)	2-4	2-4,5	2-5	2-4	2-4,5	2-5
% Rongga dalam campuran	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5
% Rongga terisi aspal	-	-	-	75-82	75-85	75-85
Jumlah tumbukan	2x75	2x50	2x35	2x75	2x50	2x35
Marshall Quotient (Kg/mm)	200-350	200-350	200-350	-	-	-

Sumber : Bina Marga (1987) dan Bina Marga (1983)

3.4 Sifat-sifat Marshall

Untuk mengetahui karakteristik campuran beton aspal dapat diketahui dari sifat-sifat *Marshall* yang ditunjukkan dengan nilai-nilai dari.

1. Kerapatan campuran (*density*).
2. Persen rongga dalam campuran (*VITM*).
3. Persen rongga yang terisi aspal (*VFWA*).
4. Stabilitas.
5. Kelelehan (*flow*).
6. *Marshall Quotient* (*MQ*).

3.4.1 Kerapatan campuran (*density*)

Kerapatan campuran (*density*) menunjukkan derajat kepadatan suatu campuran yang telah dipadatkan. Campuran yang mempunyai kerapatan lebih tinggi akan memiliki kekuatan lebih tinggi daripada campuran dengan kerapatan rendah (*The Asphalt Institute, 1983*).

3.4.2 Persen rongga dalam campuran (VITM)

Nilai *VITM* menunjukkan banyaknya rongga yang terdapat dalam campuran, nilai *VITM* berpengaruh terhadap karakteristik campuran. Makin rendah nilai *VITM*, makin tinggi nilai kekakuannya (*The Asphalt Institute, 1983*).

Nilai *VITM* (*Void In The Mix*) dihitung dengan persamaan (4) berikut.

c = berat benda uji sebelum direndam/berat kering

d = berat dalam keadaan jenuh (*SSD*). (gr)

e = berat didalam air (gr)

f = isi benda uji = $d - e$ (1)

g = berat isi benda uji = $\frac{c}{f}$ (2)

h = berat jenis maksimum teoritis

$h = \frac{100}{\frac{\% \text{ agregat}}{b_j \text{ agregat}} + \frac{\% \text{ aspal}}{b_j \text{ aspal}}}$ (3)

$n = VITM = 100 - (100 \times \frac{g}{h})$ (4)

3.4.3 Persen rongga yang terisi aspal (VFWA)

Nilai *VFWA* menunjukkan banyaknya rongga yang terisi aspal dalam campuran. Nilai *VFWA* berpengaruh terhadap kekedapan dan keawetan campuran, perkerasan dengan nilai *VFWA* tinggi akan memiliki kekedapan dan keawetan tinggi pula (*The Asphalt Institute, 1983*).

Nilai *VFWA* (*Void Filled With Asphalt*) dihitung dengan persamaan (8) berikut.

$$i = \frac{b \times g}{b_j \text{ agregat}} \dots\dots\dots(5)$$

$$j = \frac{(100 - b) g}{b_j \text{ agregat}} \dots\dots\dots(6)$$

$$l = 100 - j \dots\dots\dots(7)$$

$$m = VFWA = 100 \times \frac{i}{l} \dots\dots\dots(8)$$

3.4.4 Stabilitas

Stabilitas adalah ketahanan melawan deformasi karena beban lalulintas. Nilai stabilitas yang tinggi memudahkan terjadinya retak-retak pada waktu menerima beban. Sebaliknya dengan nilai stabilitas rendah akan mudah terjadi *distorsi* oleh beban lalulintas (*The Asphalt Institute, 1983*).

Nilai stabilitas benda uji didapat dari pembacaan arloji stabilitas alat tekan *Marshall*. Angka stabilitas ini masih harus dikoreksi untuk memasukkan nilai kalibrasi alat dan koreksi ketebalan benda uji. Untuk ini digunakan dengan bantuan tabel koreksi benda uji dan dihitung dengan persamaan (11) berikut.

o = pembacaan arloji (stabilitas)

$$p = o \times \text{kalibrasi proving ring} \dots\dots\dots(10)$$

$$q = \text{stabilitas} = p \times \text{koreksi tebal benda uji} \dots\dots\dots(11)$$

3.4.5 Kelelehan (*flow*)

Kelelehan (*flow*) menunjukkan besarnya deformasi (penurunan vertikal) benda uji (*The Asphalt Institute, 1983*).

Nilai ini langsung terbaca pada arloji *flow* saat pengujian *Marshall*. Nilai *flow* pada arloji dalam satuan *inch*, maka harus dikonversi dalam milimeter.

3.4.6 Marshall Quotient (MQ)

Marshall Quotient merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan kelelahan yang digunakan untuk pendekatan terhadap tingkat kekakuan (*flexibility*) campuran. Nilai *Marshall Quotient* yang tinggi menunjukkan nilai kekakuan lapis keras tinggi. Lapis keras yang mempunyai nilai *MQ* terlalu tinggi akan mudah terjadi retak-retak akibat beban berulang dari lalu lintas. Sebaliknya nilai *MQ* yang terlalu rendah menunjukkan campuran terlalu plastis (*flexible*) yang mengakibatkan perkerasan mudah berubah bentuk jika menerima beban lalu lintas (*The Asphalt Institute, 1983*).

Nilai *Marshall Quotient* dihitung dengan menggunakan persamaan (12) berikut.

$$MQ = \frac{\text{Stabilitas}}{\text{flow}} \dots\dots\dots(12)$$

3.5 Uji Perendaman Marshall (*Immersion Test*)

Uji perendaman bertujuan untuk mengetahui perubahan karakteristik campuran akibat dari pengaruh air, suhu, dan cuaca. Pengujian ini mempunyai prinsip yang sama dengan pengujian *Marshall* standar, hanya dengan waktu perendaman yang berbeda. Uji perendaman (*Immersion Test*) pada penelitian ini dilakukan selama 30 menit dan 24 jam dalam suhu konstan 60°C sebelum pembebanan diberikan. Uji rendaman ini mengacu pada *AASHTO T.165-82* atau *ASTM D.1075-76*.

Hasil perhitungan indeks tahanan campuran aspal adalah persentase nilai stabilitas campuran yang direndam selama 24 jam (S2) dibandingkan dengan nilai stabilitas campuran biasa (S1) adalah:

$$\text{Index of retained strength} = \frac{S2}{S1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(13)$$

Apabila indeks tahanan kekuatan $\geq 75\%$, campuran tersebut dapat dikatakan memiliki tahanan kekuatan yang cukup memuaskan dari kerusakan oleh pengaruh air, suhu, dan cuaca.

3.6 Kadar Aspal Dalam Campuran

Aspal berfungsi sebagai bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat dan sebagai bahan pengisi antara rongga pada butir-butir agregat pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri.

Aspal peka terhadap temperatur, untuk kadar aspal yang sangat berlebihan pada saat temperatur tinggi akan berakibat fungsi aspal dalam campuran berubah menjadi pelicin, sehingga perlu diupayakan pemakaian aspal pada kadar aspal optimum (Sukirman,S, 1992).

Aspal dalam campuran berfungsi sebagai bahan ikat antar agregat. Setiap gradasi agregat yang diberikan mempunyai kadar aspal optimum. Kadar aspal optimum tersebut akan menghasilkan campuran yang memuaskan dan kesalahan dalam mendesain kadar aspal akan menimbulkan kegagalan dini pada campuran beton aspal.

3.7 Bahan Perkerasan

3.7.1 Agregat

Sifat dan kualitas agregat menentukan kemampuannya dalam memikul beban lalulintas. Agregat dengan kualitas dan sifat yang baik dibutuhkan untuk lapis permukaan yang langsung memikul beban lalulintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya.

Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai bahan perkerasan jalan dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok yaitu: (Sukirman,S, 1992)

1. Kekuatan dan keawetan (*strength and durability*) lapisan perkerasan dipengaruhi:
 - a. gradasi
 - b. ukuran maksimum
 - c. kadar lempung
 - d. kekerasan dan ketahanan
 - e. bentuk butir
 - f. tekstur permukaan
2. Kemampuan dilapisi aspal dengan baik, dipengaruhi oleh:
 - a. porositas
 - b. kemungkinan basah
 - c. jenis agregat
3. Kemudahan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang nyaman dan aman, dipengaruhi oleh:

- a. tahanan gesek (*skid resistance*)
- b. campuran yang memberikan kemudahan dalam pelaksanaan (*bituminous mix workability*)

Keserasian agregat yang digunakan dalam konstruksi beton aspal didasarkan atas syarat-syarat: (*The Asphalt Institute, 1983*)

1. ukuran dan gradasi

Gradasi atau distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas perkerasan. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga antar butiran yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan dalam proses pelaksanaan. Semua lapisan perkerasan lentur membutuhkan agregat yang terdistribusi dari besar sampai kecil. Semakin besar ukuran maksimum partikel agregat yang digunakan, semakin banyak variasi ukuran dari besar sampai kecil yang dibutuhkan. Batasan ukuran maksimum yang digunakan dibatasi oleh tebal lapisan yang diharapkan.

2. kadar lempung

Terdapat 2 macam pemeriksaan yang umum dilakukan untuk menentukan kadar lempung yang terkandung dalam dalam campuran agregat, yaitu:

- a. *Atterberg limit*, dilakukan untuk agregat yang agak halus. *Atterberg limit* yang umum dipergunakan adalah batas cair mengikuti prosedur *PB-0109-76* atau *AASHTO T89-81* dan indeks plastis mengikuti prosedur *PB-0110-76* atau *AASHTO T90-81*, dilakukan untuk tanah lolos saringan No. 40.

b. *Sand Equivalent Test* dilakukan untuk untuk partikel agregat yang lolos saringan No. 4 sesuai prosedur *AASHTO T176-73 (1982)*.

3. kekuatan/ketahanan

Daya tahan agregat adalah ketahanan agregat untuk tidak hancur/pecah oleh pengaruh mekanis ataupun kimia. Agregat yang digunakan untuk lapisan perkerasan harus mempunyai daya tahan terhadap *degradasi* (pemecahan) yang mungkin timbul selama proses pencampuran, pemadatan, repetisi beban lalu lintas dan *disintegrasi* (penghancuran) yang terjadi selama masa pelayanan jalan tersebut. Ketahanan agregat terhadap degradasi diperiksa dengan menggunakan percobaan Abrasi Los Angeles (*Abrasion Los Angeles Test*), berdasarkan *PB-0206-76, AASHTO T96-7 (1982)*.

4. bentuk dan tekstur agregat

Bentuk dan tekstur mempengaruhi stabilitas dari lapisan perkerasan yang dibentuk oleh agregat tersebut. Partikel agregat dapat berbentuk: bulat, lonjong, kubus, pipih, dan tak beraturan.

5. absorpsi

Porositas dari agregat umumnya diindikasikan dengan jumlah air yang terserap ketika direndam dalam air.

6. daya lekat terhadap aspal

Faktor yang mempengaruhi lekatan aspal dan agregat dapat dibedakan atas 2 bagian, yaitu: (*Sukirman, S, 1992*)

a. Sifat mekanis yang tergantung dari : pori-pori dan absorpsi, bentuk dan tekstur permukaan, ukuran butir

b. Sifat kimiawi dari agregat

Agregat berpori berguna untuk menyerap aspal sehingga ikatan antara aspal dan agregat baik. Tetapi terlalu banyak pori dapat mengakibatkan terlalu banyak aspal yang terserap yang berakibat lapisan aspal menjadi tipis.

Spesifikasi bahan penelitian ini termasuk batas-batas gradasi agregat menggunakan pedoman dari Departemen Pekerjaan Umum pada buku Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) (Bina Marga, 1987), seperti tersebut dalam tabel 3.2 dan 3.3.

Tabel 3.2 Persyaratan agregat kasar

No	Jenis Pengujian	Syarat
1	Keausan dengan mesin <i>Los Angeles</i>	Maks. 40%
2	Kelekatan terhadap aspal	Min. 95%
3	Penyerapan air	Maks. 3%
4	Berat jenis semu	Min. 2,50

Sumber: Bina Marga, 1987

Tabel 3.3 Persyaratan agregat halus

No	Jenis Pengujian	Syarat
1	<i>Sand Equivalent</i>	Min. 50
2	Berat jenis semu	Min. 2,5
3	Penyerapan air	Maks. 3%

Sumber: Bina Marga, 1987

3.7.2 Bahan pengisi (*filler*)

Bahan pengisi atau *filler* adalah bahan berbutir halus yang lolos saringan No. 30 dimana persentase berat butir yang lolos saringan No. 200 minimum 65%. Bahan pengisi (*filler*) harus kering dan bebas dari bahan lain yang mengganggu

dan apabila dilakukan pemeriksaan analisa saringan secara basah, harus memenuhi gradasi seperti dalam tabel 3.4 di bawah ini.

Tabel 3.4 Gradasi Bahan Pengisi (*filler*)

Ukuran Saringan		Persen berat yang lolos
No. 30	(0.590 mm)	100
No. 50	(0.279 mm)	95-100
No. 100	(0.149 mm)	90-100
No. 200	(0.074 mm)	65-100

Sumber: Bina Marga, 1987

3.7.3 Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan sampai suatu temperatur tertentu aspal dapat menjadi lunak/cair, sehingga dapat menyelimuti partikel agregat pada waktu pembuatan beton aspal atau dapat masuk ke dalam pori-pori yang ada pada waktu penyemprotan/penyiraman. Jika temperatur mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (*Sukirman, S, 1992*).

Aspal yang dipergunakan pada konstruksi perkerasan jalan berfungsi sebagai: (*Sukirman, S, 1992*)

1. Bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat dan antara aspal itu sendiri.
2. Bahan pengisi, mengisi rongga antara butir-butir agregat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri.

Sifat-sifat yang harus dimiliki aspal (Sukirman, S, 1992).

1. Daya tahan (*durability*)

Daya tahan aspal adalah kemampuan aspal mempertahankan sifat aspalnya akibat pengaruh cuaca selama masa pelayanan jalan. Sifat ini merupakan sifat dari campuran aspal, jadi tergantung dari sifat agregat, campuran dengan aspal, faktor pelaksanaan. Meskipun demikian sifat ini dapat diperkirakan dari pemeriksaan *Thin Film Oven Test (TFOT)*.

2. Adhesi dan kohesi

Adhesi adalah kemampuan aspal untuk mengikat agregat sehingga dihasilkan ikatan yang baik antara agregat dengan aspal. Kohesi adalah kemampuan aspal untuk tetap mempertahankan agregat tetap ditempatnya setelah terjadi pengikatan.

3. Termoplastis

Aspal adalah material yang termoplastis, berarti akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau lebih cair jika temperatur bertambah dan harus memenuhi persyaratan seperti dalam tabel 3.5.

Tabel 3.5 Persyaratan aspal AC 60-70

No	Pengujian	Syarat	Satuan
1	Penetrasi (25°C)	60-70	0,1 mm
2	Titik lembek	45-58	°C
3	Titik nyala	Min. 200	°C
4	Kehilangan berat	Maks. 0,4	% berat
5	Kelarutan dalam CCL ₄	Min. 99	% berat
6	Daktilitas	Min. 100	cm
7	Penetrasi setelah kehilangan berat	Min. 75	% semula
8	Berat jenis	Min. 1	

Sumber: Bina Marga, 1987