

## **BAB III**

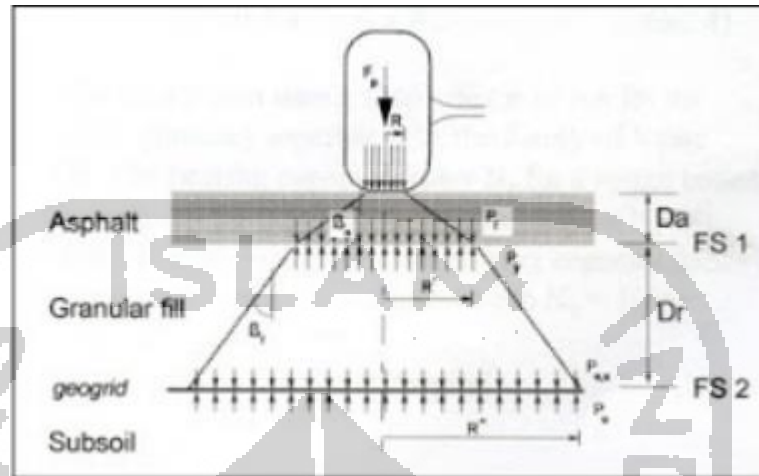
### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Perkerasan Jalan**

Perkerasan jalan merupakan campuran antara bahan pengikat dan agregat yang digunakan dengan tujuan untuk melayani beban lalu lintas. Agregat yang dipakai ialah batu belah atau batu kali ataupun bahan lainnya. Bahan ikat yang dipakai ialah semen, aspal, ataupun tanah liat. Fungsi perkerasan ialah mendistribusikan beban roda kendaraan ke wilayah permukaan tanah dasar yang lebih luas dibanding luas kontak roda dan perkerasan. Hal itu sejalan dengan pendapat Hardiyatmo (2011), bahwa fungsi perkerasan jalan adalah sebagai berikut.

1. Untuk memberikan struktur yang kuat dalam mendukung beban lalu lintas.
2. Untuk memberikan tahanan gelincir (*skid resistance*) pada permukaan perkerasan jalan.
3. Untuk mendistribusikan beban roda kendaraan di atas pondasi tanah, sehingga dapat melindungi tanah dari tekanan yang besar.
4. Untuk memberikan permukaan lapisan yang rata sehingga nyaman dilalui oleh pengendara.
5. Sebagai pelindung tanah dasar dari pengaruh cuaca yang buruk.

Berikut ini adalah penggambaran distribusi beban kendaraan pada struktur perkerasan jalan dapat dilihat pada Gambar 3.1 di halaman berikut.



**Gambar 3. 1 Distribusi Beban Roda Perkerasan Lentur**

Sumber: The American Society of Civil Engineers (ASCE) Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering (2004)

### 3.2 Jenis Jenis Perkerasan Jalan

Ada bermacam-macam jenis perkerasan yang akan dipakai terkait dengan kondisi geografis alam yang akan dibangun, pendanaan dan kecepatan pembangunan agar lalu lintas tidak terganggu dengan adanya pembangunan tersebut. Adapun jenis-jenis perkerasan jalan yang sering digunakan di Indonesia adalah perkerasan lentur (*Flexible Pavement*), dan perkerasan kaku (*Rigid Pavement*).

Perkerasan lentur (*flexible pavement*) atau perkerasan aspal (*asphalt pavement*), umumnya terdiri atas lapis permukaan aspal yang berada di atas lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah granuler yang dihamparkan di atas tanah dasar (*Subgrade*). Secara umum perkerasan lentur terdiri dari tiga lapisan utama, yaitu: lapis permukaan (*surface course*), lapis pondasi (*base course*), dan lapis pondasi bawah (*subbase course*).

Perkerasan kaku yaitu perkerasan yang terbuat dari beton. Perkerasan ini banyak digunakan pada daerah dengan kondisi tanah yang labil, beban lalu lintas yang berat dan kecepatan yang tinggi. Perkerasan kaku terdiri dari pelat beton dengan atau tanpa tulangan, pondasi bawah dan tanah dasar.

### 3.3 Material Konstruksi Perkerasan Jalan

Material penyusun untuk konstruksi perkerasan jalan terdiri atas.

1. Agregat kasar
2. Agregat halus
3. Bahan pengisi (*Filler*)
4. Aspal Berikut ini adalah penjelasan dari masing-masing material di atas.

#### 3.3.1 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah material batuan yang tertahan oleh saringan no 8 (2.36mm) pada saat penyaringan. Menurut peraturan Bina Marga tahun 2018 Revisi 3, divisi 6 agregat kasar untuk perkerasan jalan harus memenuhi persyaratan seperti tertera pada Tabel berikut ini.

**Tabel 3. 1 Persyaratan Agregat Kasar**

Pengujian		Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat		SNI 3407-2008	Maks.30%
Abrasi dengan mesin <i>Los Angeles</i>	Campuran AC bergradasi kasar	SNI 2417-2008	Maks.30%
	Semua jenis aspal bergradasi lainnya		Maks.40%
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 03-2439-1991	Min.95%
Partikel pipih dan lonjong		ASTM D4791	Maks.10%
Material lolos ayakan No.200		SNI-4142-1996	Maks.1%
Berat jenis dan penyerapan agregat kasar		SNI 03-1969-1990	Bj Bulk > 2,5 Penyerapan < 3%
<i>Aggregate Impact Value (AIV)</i>		BS 812: bag.3:1975	Maks.30%
<i>Aggregate Crushing Value (ACV)</i>		BS 812: bag.3:1075	Maks.30%

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2018)

#### 3.3.2 Agregat Halus

Agregat halus yaitu material yang lolos saringan no.4 (4,75 mm) dan tertahan di saringan no.200 (0,075 mm). Bahan ini dapat terdiri dari butir-butiran batu pecah atau pasir alam atau campuran dari keduanya. Sama seperti agregat kasar, agregat halus

juga memiliki ketentuan agar memenuhi syarat sebagai material perkerasan jalan, seperti tampak pada Tabel 3.2 berikut ini.

**Tabel 3. 2 Persyaratan Agregat Halus**

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min 50% untuk SS, HRS dan AC bergradasi halus
		Min 70% untuk AC bergradasi kasar
Material lolos ayakan no.200	SNI 03-4428-1997	Maks. 8%
Kadar lempung	SNI 3423: 2008	Maks. 1%
Berat jenis dan penyerapan agregat halus	SNI 03-1969-1990	Bj Bulk > 2,5 Penyerapan < 5%

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2018)

### 3.3.3 Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi (*filler*) merupakan material yang 75% lolos ayakan no.200, pada saat penyaringan dan dapat terdiri dari abu batu, abu batu kapur, kapur padam, semen (*PC*) atau bahan non plastis lainnya.

### 3.3.4 Bahan Pengikat (Aspal)

Menurut Sukirman (2003) Aspal merupakan material perekat berwarna hitam atau coklat tua dengan unsur utamanya bitumen. Aspal dapat diperoleh dari alam misalnya Asbuton atau residu dari pengilangan minyak bumi. Aspal pada material perkerasan jalan memiliki fungsi sebagai bahan pengikat artinya memberikan ikatan antara fraksi agregat agar tidak saling terlepas dan sebagai bahan pengisi rongga kosong diantara campuran agregat.

## 3.4. Lapis Aspal Beton (Laston)

Di Indonesia, lapis aspal beton secara umum terbagi menjadi 3 yaitu:

1. laston sebagai lapisan aus, dinamakan *AC-WC (Asphalt Concrete – Binder Course)*,
2. laston sebagai lapisan pengikat, dinamakan *AC-BC (Asphalt Concrete – Binder Course)*, dan

3. Laston sebagai lapis pondasi, dinamakan *AC-Base (Asphalt Concrete – Base Course)*.

Menurut spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018 Revisi 3, setiap jenis lapisan aspal beton masing-masing memiliki ketentuan ketebalan. Ketebalan yang dimaksud seperti ditunjukkan oleh Tabel 3.3.

**Tabel 3. 3 Tebal Minimum Lapisan Perkerasan**

Jenis Campuran		Simbol	Tebal Nominal Minimum (cm)
Laston	Lapis Aus	<i>AC-WC</i>	4,0
	Lapis Antara	<i>AC-BC</i>	6,0
	Lapis Pondasi	<i>AC-Base</i>	7,5

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2018)

Selain spesifikasi di atas, Bina Marga 2018 juga memberikan persyaratan untuk sifat-sifat campuran laston dalam lapis perkerasan. Sifat campuran yang dimaksud dapat dilihat pada Tabel 3.4.

**Tabel 3. 4 Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston (AC)**

Sifat-sifat Campuran		Laston					
		Lapis Aus		Lapis Antara		Lapis Pondasi	
		Halus	Kasar	Halus	Kasar	Halus	Kasar
Kadar aspal efektif (%)		5,1	4,3	4,3	4,0	4,0	3,5
Penyerapan aspal (%)	Maks.	1,2					
Jumlah tumbukan per bidang		75				112 <sup>(1)</sup>	
Rongga dalam campuran (%)	Min.	3,0					
	Maks.	5,0					
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min.	15		14		13	
Rongga Terisi Aspal (%)	Min.	65		65		65	
Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	Min.	800		1800 <sup>(1)</sup>			
	Maks.	-		-			
Pelelehan (mm)	Min.	2		4			
	<i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)	Min.	250		300		
Stabilitas <i>Marshall</i> Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min.	90					
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal ( <i>refusal</i> )	Min.	2,5					

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2018)

Dalam penelitian ini, penulis akan menggunakan aspal jenis Pertamina Pen 60/70 dan Starbit E-60. Aspal jenis tersebut harus memiliki ketentuan seperti pada Tabel 3.5 dan Tabel 3.6 berikut ini.

**Tabel 3. 5 Ketentuan Aspal Pertamina Pen 60/70**

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Type I Aspal Penetreasi 60/70
1	Penetrasi pada 25°C (mm)	SNI 06 - 3456 - 1991	60 - 70
2	Titik Lembek (°C)	SNI 06 - 3456 - 1991	≥ 48
3	Daktilitas pada 25°C, (cm)	SNI 06 - 3456 - 1991	≥ 100
4	Titik Nyala (°C)	SNI 06 - 3456 - 1991	≥ 232
5	Berat Jenis	SNI 06 - 3456 - 1991	≥ 1,0
6	Stabilitas Penyimpanan (°C)	ASTM D 5976 part 6.1	-

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2018)

**Tabel 3. 6 Ketentuan Aspal Starbit E-60**

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Type II Aspal Starbit E-60
1	Penetrasi pada 25°C (mm)	SNI 06 - 3456 - 1991	40
2	Titik Lembek (°C)	SNI 06 - 3456 - 1991	60
3	Daktilitas pada 25°C, (cm)	SNI 06 - 3456 - 1991	≥ 100
4	Titik Nyala (°C)	SNI 06 - 3456 - 1991	≥ 232
5	Berat Jenis	SNI 06 - 3456 - 1991	≥ 1,0
6	Stabilitas Penyimpanan (°C)	ASTM D 5976 part 6.1	2.2

Sumber: PT Bintang Djaja (2019)

### 3.5 Karakteristik Lapis Perkerasan

Karakteristik lapisan perkerasan adalah sifat-sifat yang harus dimiliki oleh suatu lapis perkerasan jalan, sifat tersebut yaitu stabil dalam menahan beban, awet, mudah di kerjakan dan sebagainya. Hal ini sejalan dengan pendapat Sukirman (2003) bahwa karakteristik lapis perkerasan meliputi.

1. Stabilitas (*Stability*).
2. Keawetan (*Durability*).
3. Fleksibilitas.
4. Ketahanan terhadap kelelahan.
5. Kedap Air.
6. Ketahanan terhadap geser.

7. Mudah dikerjakan.

### 3.6 Metode - Metode Pengujian

Metode pengujian sampel campuran dalam perkerasan jalan ada bermacam-macam. Dalam penelitian ini, penulis akan menggunakan 4 metode pengujian, yaitu.

#### 3.6.1 Pengujian *Marshall*

Kinerja campuran aspal diperiksa dengan menggunakan alat pemeriksaan *Marshall* yang pertama kali diperkenalkan oleh Bruce Marshall yang dikembangkan selanjutnya oleh *U.S Corps of Engineer*. Uji ini untuk menentukan ketahanan (*stability*) terhadap kelelahan plastis (*Flow*) dari campuran aspal dan agregat.

Alat *Marshall* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan cincin pengujian (*proving ring*) berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs). *Proving ring* dilengkapi dengan arloji pengukur yang berguna untuk mengukur stabilitas campuran. Arloji kelelahan (*Flow meter*) untuk mengukur kelelahan plastis (*Flow*). Benda uji *Marshall standart* berbentuk silinder berdiameter 4 inchi (10,16 cm) dan tingi 2,5 inchi (6,35 cm).

Sifat-sifat pengujian aspal dapat dilihat dari parameter-parameter pengujian *Marshall* antara lain sebagai berikut.

##### 1. Stabilitas (*Stability*)

Nilai stabilitas diperoleh dengan pembacaan langsung pada alat uji dengan pembacaan jarum dial pada saat *Marshall Test*. Stabilitas menunjukkan kekuatan, ketahanan terhadap terjadinya alur (*rutting*) dan menunjukkan batas maksimum beban diterima oleh suatu campuran beraspal saat terjadi keruntuhan yang dinyatakan dalam kilogram. Nilai stabilitas yang terlalu tinggi akan menghasilkan perkerasan yang terlalu kaku sehingga tingkat keawetan berkurang.

##### 2. Kelelahan (*Flow*)

Nilai kelelahan (*Flow*) diperoleh dengan pembacaan langsung pada alat uji dengan pembacaan jarum dial pada saat *Marshall Test*. Suatu campuran yang memiliki kelelahan yang lebih rendah akan kaku dan cenderung untuk mengalami retak dini pada usia pelayanan.

3. Hasil bagi *Marshall* (*Marshall Quotient*)

Hasil bagi *Marshall* (*Marshall Quotient*) merupakan hasil pembagian dari stabilitas dengan keelehan (*Flow*). Semakin tinggi *MQ*, maka akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan campuran tersebut terhadap keretakan. Nilai *MQ* dapat diperoleh dari Persamaan 3.1 berikut.

$$MQ = \frac{S}{F} \quad (3.1)$$

dengan:

*MQ* = *Marshall Quotient* (kg/mm),

*S* = Nilai stabilitas toleransi (kg), dan

*F* = Nilai *flow* (mm).

4. Rongga terisi aspal/*Void Filled with Asphalt* (*VFWA*)

Rongga terisi aspal/*Void Filled with Asphalt* (*VFWA*) adalah persentase rongga yang terdapat diantara partikel agregat (*VMA*) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Untuk mendapatkan rongga terisi dapat diperoleh dari Persamaan 3.2.

$$VFWA = \frac{100 (VMA - VITM)}{VMA} \quad (3.2)$$

dengan:

*VFWA* = Rongga terisi aspal, persen *VITM*,

*VMA* = Rongga diantara mineral agregat, persen volume bulk, dan

*VITM* = Volume pori dalam beton aspal padat.

5. Rongga diantara mineral agregat/*Voids in Mineral Agregat* (*VMA*)

Rongga diantara mineral agregat/*Voids in Mineral Agregat* (*VMA*) adalah persentase ruang diantara partikel agregat pada campuran perkerasan beraspal, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif.

Perhitungan *VMA* terhadap campuran total dapat diperoleh dari Persamaan 3.3 dan 3.4 berikut.



a. Terhadap berat campuran total

$$VMA = 100 \times \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}} \quad (3.3)$$

dengan:

$VMA$  = Rongga diantara mineral agregat, persen volume bulk,

$G_{sb}$  = Berat jenis bulk agregat,

$G_{mb}$  = Berat jenis bulk campuran padat, dan

$P_s$  = Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran.

b. Terhadap berat agregat total

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb}}{G_{sb}} \times \frac{100}{(100 + P_b)} \times 100 \quad (3.4)$$

dengan:

$VMA$  = Rongga diantara mineral agregat, persen volume bulk,

$G_{sb}$  = Berat jenis bulk agregat,

$G_{mb}$  = Berat jenis bulk campuran padat, dan

$P_b$  = Kadar aspal persen terhadap berat total campuran.

6. Rongga didalam campuran/*Void in Total Mix (VITM)*

Rongga didalam campuran/*Void in Total Mix (VITM)* merupakan persentase volume rongga udara yang terdapat didalam campuran aspal. Volume rongga udara dalam persen dapat ditentukan diperoleh dari Persamaan 3.5 berikut.

$$VITM = 100 \times \frac{G_{mm} \times G_{mb}}{G_{mm}} \quad (3.5)$$

denga:

$VITM$  = Rongga udara campuran, persen total campuran,

$G_{mm}$  = Berat jenis maksimum campuran agregat rongga udara 0 (nol), dan

$G_{mb}$  = berat jenis bulk campuran padat.

7. Kepadatan (*Density*)

*Density* menunjukkan besarnya kepadatan suatu campuran yang telah dipadatkan. Semakin besar nilai *Density*, maka kepadatan semakin baik. Dengan semakin meningkatnya kadar aspal, jumlah aspal yang dapat mengisi rongga antar butir semakin besar, sehingga campuran menjadi semakin rapat dan padat. *Density* dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain: gradasi bahan, jumlah pemadatan, temperatur pemadatan, dan kadar aspal.

Nilai *Density* dapat diperoleh dari Persamaan 3.6 dan 3.7:

$$g = \frac{c}{f} \tag{3.6}$$

$$f = d - e \tag{3.7}$$

dengan:

$g$  = Nilai *Density* (gr/cc),

$c$  = Berat benda uji sebelum direndam (gr),

$d$  = Berat benda uji dalam keadaan jenuh/SSD (gr),

$e$  = Berat dalam air (gr), dan

$f$  = Volume/isi (cm<sup>3</sup>).

### 3.6.2 Pengujian *Imersion Test*

*Imersion Test* atau uji perendaman *Marshall* bertujuan untuk mengetahui perubahan karakteristik dari campuran akibat pengaruh air, suhu, dan cuaca. Pengujian ini prinsipnya sama dengan pengujian *Marshall* standar, hanya waktu perendaman di dalam *waterbath* yang berbeda. Menurut *AASHTO T.165-74* atau *ASTM D.1075-54* (1969) ada dua metode uji perendaman *Marshall (Imersion Test)* yaitu uji perendaman selama 4 x 24 jam dengan suhu  $\pm 50^\circ \text{C}$  dan uji perendaman selama 1 x 24 jam dengan suhu  $\pm 60^\circ \text{C}$ . Pada penelitian ini dipakai metode uji perendaman (*Marshall*) 24 jam dalam suhu konstan  $60^\circ \text{C}$  sebelum pembebanan diberikan.

Hasil perhitungan Indeks Kekuatan Sisa *Marshall (Marshall Index of Retained Strength)* adalah perbandingan antara stabilitas *Marshall* benda uji setelah perendaman 24 jam ( $S_2$ ) yang dibandingkan dengan stabilitas benda uji campuran standar ( $S_1$ ) yang

dinyatakan dalam persen. Kehilangan stabilitas yang terjadi akibat perendaman merupakan ukuran ketahanan terhadap pengaruh air.

Seperti tercantum pada Persamaan 3.6 di bawah ini.

$$\text{Index of Retained Strength} = \frac{S_2}{S_1} \times 100\% \quad (3.6)$$

dengan:

$S_1$  = Stabilitas standar, dan

$S_2$  = Stabilitas setelah direndam selama 24 jam.

Apabila indeks tahanan campuran lebih atau sama dengan ( $\geq 90\%$ ), campuran tersebut dapat dikatakan memiliki tahanan yang cukup baik dari kerusakan akibat pengaruh air, suhu, dan cuaca.

### 3.6.3 Pengujian *Indirect Tensile Strength*

*Indirect Tensile Strength Test* adalah suatu metode untuk mengetahui nilai gaya tarik dari *Asphalt Concrete*. Sifat uji ini adalah kegagalan gaya tarik yang berguna untuk memperkirakan potensial retakan. Campuran lapisan perkerasan yang baik dapat menahan beban maksimum, sehingga dapat mencegah terjadinya retakan.

Gaya tarik tidak langsung menggunakan benda uji yang berbentuk silindris yang mengalami pembebanan tekan dengan dua plat penekan yang menciptakan tegangan tarik yang tegak lurus sepanjang diameter benda uji sehingga menyebabkan pecahnya benda uji. Pengujian gaya tarik tidak langsung secara normal dilaksanakan menggunakan *Marshall* yang telah dimodifikasikan dengan pelat berbentuk cekung dengan lebar 12,5 mm pada bagian penekan *Marshall*. Pengukuran kekuatan tarik dihentikan apabila jarum pengukur pembebanan telah berbalik arah atau berlawanan dengan arah jarum jam.

*Indirect Tensile Strength Test* adalah kuat tarik maksimum dihitung dari puncak beban. Nilai *ITS* dapat diperoleh dari Persamaan 3.7 seperti berikut.

$$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times d \times h} \quad (3.7)$$

dengan:

$ITS$  = Kuat tarik tidak langsung ( $N/mm^2$ ),

$P$  runtuh = Beban puncak (N),

$h$  = Tinggi sampel (mm), dan

$d$  = Diameter benda uji (mm).

#### 3.6.4 Pengujian *Cantabro*

Pengujian *Cantabro* bertujuan untuk mengetahui kekuatan benda uji terhadap keausan dengan menggunakan mesin *Los Angeles*. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan campuran aspal terhadap pengaruh beban lalu lintas yang akan menyebabkan perkerasan menjadi aus dan mengalami penurunan kekuatan. Pengujian ini menggunakan mesin *Los Angeles* tanpa menggunakan bola baja dan diputar sebanyak 300 kali putaran. Pengujian *Cantabro* dapat dihitung dengan Persamaan 3.8 berikut ini.

$$L = \frac{M_0 - M_1}{M_0} \quad (3.8)$$

dengan:

$L$  = Persentase kehilangan berat (%),

$M_0$  = Berat benda uji sebelum di abrasi (gr), dan

$M_1$  = Berat benda uji setelah di abrasi (gr).