

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Aspal Beton

Menurut Sukirman (1999) aspal beton merupakan salah satu jenis lapis perkerasan konstruksi perkerasan lentur. Jenis perkerasan ini merupakan campuran merata antara agregat dan aspal sebagai bahan pengikat pada suhu tertentu. Pembuatan aspal beton dimaksudkan untuk memberikan daya dukung dan memiliki sifat tahan terhadap keausan akibat lalu lintas, kedap air, mempunyai nilai struktural, mempunyai nilai stabilitas yang tinggi. Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang terletak di atas tanah dasar yang dipadatkan. Lapisan-lapisan menerima beban lalu lintas dan menyebarkan ke lapisan bawahnya. Berikut susunan lapisan konstruksi perkerasan lentur yang terdiri dari:

1. Lapis permukaan (*surface course*)
2. Lapis podasi atas (*base course*)
3. Lapis pondasi bawah (*subbase course*)
4. Lapis tanah dasar (*subgrade*)

3.2 Bahan Penyusun Perkerasan

Bahan utama penyusun perkerasan jalan adalah agregat, aspal, dan bahan pengisi (*filler*). Untuk mendapatkan hasil yang baik dan berkualitas dalam menghasilkan perkerasan jalan, maka bahan-bahan tersebut harus memiliki kualitas yang baik pula.

3.2.1 Agregat

Agregat merupakan sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya, baik berupa hasil alam atau buatan (Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton Pondasi Atas, No.03/PT/B/1983). Agregat yang dipakai dalam campuran lapis aspal beton pondasi atas harus memenuhi persyaratan yang tercantum pada tabel di bawah ini yang mencakup persyaratan agregat kasar, dan agregat halus.

Agregat yang digunakan harus memenuhi persyaratan seperti tercantum dalam Tabel 3.1., Tabel 3.2. dan Tabel 3.3.

Tabel 3.1. Persyaratan Pemeriksaan Agregat Kasar

No.	Pengujian	Standar	Syarat
1	Keausan dengan mesin <i>Los Angeles</i>	SNI 2417:2008	< 40 %
2	Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 2439:2011	> 95%
3	Kekekalan bentuk terhadap natrium	SNI 3407:2008	≤ 12%
4	Material lolos ayakan no.200	SNI 03-4142:1996	< 2%
5	Partikel pipih dan lonjong	ASTM D4791 perbandingan 1:5	< 10%

Sumber: Dokumen Pelelangan Nasional Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga Tabel 6.3.2.(1a). Spesifikasi Umum 2010 (Revisi 3)

Tabel 3.2. Persyaratan Pemeriksaan Agregat Halus

No.	Pengujian	Standar	Syarat
1	<i>Sand equivalent</i>	SNI 03-4428:1997	Min 60%
2	Berat jenis semu	SNI 3423:2008	≥ 2,5 gr/cc
3	Peresapan terhadap air	SNI 03-6877:2002	< 3%

Sumber: Dokumen Pelelangan Nasional Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga Tabel 6.3.2.(2a). Spesifikasi Umum 2010 (Revisi 3)

Tabel 3.3. Gradasi Agregat Gabungan untuk Campuran Aspal

Ukuran Ayakan (mm)	% Berat yang lolos		
	Laston (AC)		
	WC	BC	Base
37,5	-	-	100
25	-	100	90-100
19	100	90-100	76-90
12,5	90-100	75-90	60-78
9,5	77-90	66-82	52-71
4,75	53-69	46-64	35-54
2,36	33-53	30-49	23-41
1,18	21-40	18-38	13-30
0,6	14-30	12-28	10-22
0,3	9-22	7-20	6-15
0,15	6-15	5-13	4-10
0,075	4-9	4-8	3-7

Sumber: Dokumen Pelelangan Nasional Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga Tabel 6.3.2.(3). Spesifikasi Umum 2010 (Revisi 3)

3.2.2 Aspal

Aspal merupakan bahan padat atau semi padat dan merupakan senyawa hydrocarbon yang berwarna coklat gelap atau hitam pekat dan terdiri dari asphaltene dan maltene yang memiliki fungsi sebagai bahan ikat antara agregat untuk membentuk suatu campuran yang kompak (Sukirman,1999).

Pada penelitian ini menggunakan aspal penetrasi 60/70 dengan persyaratan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4. Pengujian dan Persyaratan Aspal Keras Pen 60/70

No.	Jenis Pengujian	Metoda	Persyaratan
1	Penetrasi, 25 °C, 100gr, 5 detik, 0,1 mm	SNI 06-2456-1991	60 -70
2	Titik Lembek, °C	SNI 2434-2011	≥ 48
3	Daktilitas, 25 °C, 5cm/menit	SNI 2432-2011	≥ 100
4	Titik Nyala, °C	SNI 2433-2011	≥ 232
5	Berat Jenis (25 ⁰ C) gr/cc	SNI 2441-2011	≥ 1,0
6	Berat yang Hilang, %	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8
7	Penetrasi Setelah Kehilangan Berat %	SNI 06-2456-1991	≥ 0,75
8	Kelarutan Terhadap CCL4 %	AASHTO T44-03	≥ 99

Sumber: Dokumen Pelelangan Nasional Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga Tabel 6.3.2.(5). Spesifikasi Umum 2010 (Revisi 3)

Kadar aspal ditentukan dengan cara *Marshall* terhadap benda uji dengan jumlah tumbukan yang disesuaikan dengan klasifikasi lalu lintas. Berikut persyaratan untuk menentukan kadar aspal optimum terlihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5. Persyaratan Campuran Aspal Beton

Sifat- sifat Campuran		Laston					
		Lapisan Aus		Lapisan Antara		Pondasi	
		Halus	Kasar	Halus	Kasar	Halus	Kasar
Kadar aspal efektif (%)	Min.	5,1	4,3	4,3	4,0	4,0	3,5
Penyerapan aspal (%)	Maks	1,2					
Jumlah tumbukan per bidang		75				112	
Rongga dalam campuran (%)	Min.	3					
	Maks	5					
Rongga dalam agregat (%)	Min.	15		14		13	
Rongga terisi aspal (%)	Min.	65		63		60	
Stabilitas <i>marshall</i> (kg)	Min.	800				1800	
Pelelehan (mm)	Min.	2				3	
<i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)	Min.	250				300	

Sumber: Dokumen Pelelangan Nasional Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga Tabel 6.3.3.(1c). Spesifikasi Umum 2010 (Revisi 3)

3.2.3 *Filler*

Bahan pengisi (*filler*) berfungsi sebagai pengisi rongga udara pada material sehingga memperkaku lapisan aspal. agregat ini merupakan material yang lolos ayakan no.200 (0,074 mm). Bahan yang sering digunakan sebagai *filler* adalah *fly ash*, abu sekam, debu batu kapur, dan semen *Portland* atau bahan lainnya yang mampu mengisi bagian-bagian kosong dari susunan aspal beton tersebut.

3.2.4 *Bantak*

Bantak merupakan jenis batuan yang berasal dari limbah penambangan pasir yang kurang dimanfaatkan secara maksimal. Agregat bantak menurut Emma Rahaidani (2010) dimanfaatkan sebagai campuran agregat kasar pada perkerasan jalan dan pada penelitian lebih lanjut dimanfaatkan sebagai filler, agregat halus dan agregat kasar pada perkerasan lentur dengan mengacu pada metode pengujian campuran aspal panas dengan alat *Marshall*.

3.3 Rumus Teoritis Perhitungan

Rumus teoritis untuk menganalisa campuran aspal beton lapis

Pondasi sebagai berikut :

1. Berat Jenis Bulk dan Apparent Total Agregat

Agregat total terdiri atas fraksi-fraksi agregat kasar, agregat halus dan *filler* yang masing masing mempunyai berat jenis yang berbeda, baik berat jenis kering (*bulk specific gravity*) dan berat jenis semu (*apparent gravity*).

Berat jenis ada masing-masing agregat pada pengujian material maka dapat dihitung dalam persamaan sebagai berikut:

- a. Berat jenis kering (*bulk specific gravity*) dari total agregat

$$Gsb_{TotalAgregat} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{Gsb_1} + \frac{P_2}{Gsb_2} + \frac{P_3}{Gsb_3} + \dots + \frac{P_n}{Gsb_{n1}}} \dots\dots\dots (3-1)$$

Keterangan :

$Gsb_{TotalAgregat}$: Berat jenis kering gabungan (gr/cc)

P_1, P_2, P_3, \dots : Prosentasi berat dari masing-masing agregat (%)

$Gsb_1, Gsb_2, Gsb_3, \dots$: Berat jenis kering masing masing agregat 1, 2, 3, ..., n (gr/cc)

- b. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*) dari total agregat

$$Gsa_{TotalAgregat} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{Gsa_1} + \frac{P_2}{Gsa_2} + \frac{P_3}{Gsa_3} + \dots + \frac{P_n}{Gsa_n}} \dots\dots\dots (3-2)$$

$Gsa_{TotalAgregat}$: Berat jenis semu gabungan (gr/cc)

P_1, P_2, P_3, \dots : Prosentasi berat dari masing-masing agregat (%)

$Gsa_1, Gsa_2, Gsa_3, \dots$: Berat jenis kering masing masing agregat 1, 2, 3, ..., n (gr/cc)

2. Berat Jenis Efektif Agregat

Berat jenis maksimum campuran (Gmm) diukur dengan AASHTO T.209-90, maka berat jenis efektif (Gse), kecuali rongga udara dalam partikel agregat yang menyerap aspal dapat dihitung dengan rumus yang biasanya

digunakan berdasarkan hasil dari pengujian kepadatan maksimum teoritis. G_{se} dapat dilihat dari persamaan berikut:

$$G_{se} = \frac{P_{mm} - P_b}{\frac{P_{mm}}{P_{mm}} - \frac{P_s}{G_b}} \dots\dots\dots (3-3)$$

Keterangan:

G_{se} : Berat jenis efektif (gr/cc)

G_{mm} : Berat jenis campuran maksimum teoritis setelah pemadatan (gr/cc)

P_{mm} : Persen berat total campuran

P_b : Prosentasi kadar aspal terhadap total campuran (%)

P_s : Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran (%)

G_b : Berat jenis Aspal

Berat jenis efektif total agregat dapat ditentukan dengan persamaan rumus:

$$G_{se} = \frac{G_{sb} + G_{sa}}{2} \dots\dots\dots (3-4)$$

Keterangan:

G_{se} : Berat jenis efektif / *effective specific gravity* (gr/cc)

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

G_{sa} : berat jenis semu agregat / *apparent specific gravity* (gr/cc)

3. Berat Jenis Maksimum Campuran

Berat jenis maksimum campuran (G_{mm}) pada masing masing kadar aspal diperlukan untuk menghitung kadar rongga masing-masing kadar aspal. Ketelitian hasil uji terbaik adalah bila kadar aspal campuran mendekati kadar

aspal efektif. Berat jenis maksimum campuran (G_{mm}) untuk masing masing kadar aspal dapat dihitung dengan menggunakan berat jenis efektif (G_{se}), seperti pada persamaan berikut:

$$G_{mm} = \frac{P_{mm}}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_b}{G_b}} \dots\dots\dots (3-5)$$

Keterangan:

G_{mm} : Berat jenis maksimum campuran (gr/cc)

P_{mm} : Persen berat total campuran

P_s : Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran (%)

P_b : Prosentase kadar aspal terhadap total campuran (%)

G_{se} : Berat jenis efektif/ *effective spesific gravity* (gr/cc)

G_b : Berat jenis aspal (gr/cc)

4. Berat Jenis Bulk Campuran Padat

Perhitungan berat jenis bulk campuran setelah pemadatan (G_{mb}) dinyatakan dalam gr/cc dengan rumus sebagai berikut:

$$G_{mb} = \frac{W_a}{V_{bulk}} \dots\dots\dots (3-6)$$

Keterangan:

G_{mb} : Berat jenis campuran setelah dipadatkan (gr/cc)

W_a : Berat di udara (gr)

V_{bulk} : volume campuran setelah dipadatkan (cc)

5. Penyerapan Aspal

Penyerapan aspal dinyatakan dalam persen terhadap berat agregat total, tidak terhadap berat campuran. Perhitungan penyerapan aspal (P_{ba}) dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$P_{ba} = 100 \frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{se} \times G_{sb}} \dots\dots\dots (3-7)$$

Keterangan:

P_{ba} : Penyerapan aspal, persen total agregat (%)

G_{sb} : Berat jenis bulk agregat (gr/cc)

G_{se} : Berat jenis efektif agregat (gr/cc)

G_b : Berat jenis aspal (gr/cc)

6. Kadar Aspal Efektif

Kadar aspal efektif (P_{be}) campuran beraspal adalah kadar aspal total dikurangi jumlah aspal yang terserap oleh partikel agregat. Kadar aspal efektif ini akan menyelimuti permukaan agregat bagian luar yang pada akhirnya akan menentukan kinerja perkerasan beraspal. P_{be} didapatkan dengan rumus:

$$P_{be} = P_b - \frac{P_{ba}}{100} P_s \dots\dots\dots (3-8)$$

Keterangan:

P_{be} : Kadar aspal efektif, persen total campuran (%)

P_b : Kadar aspal, persen total campuran (%)

P_{ba} : Penyerapan aspal, persen total agregat (%)

P_s : Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran (%)

3.4 Parameter-parameter Marshall

Dari pengujian *Marshall* diperoleh parameter-parameter yang disebut karakteristik *Marshall* (*Marshall Properties*). Macam-macam dan langkah-langkah yang diperlukan untuk mencari karakteristik *Marshall* dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan suatu perkerasan untuk menahan deformasi atau perubahan yang disebabkan oleh beban lalu lintas. Nilai stabilitas didapat dari pembacaan arloji stabilitas yang kemudian dikalibrasi dengan *proving ring* dan dikoreksi tebal benda uji.

$$S = p \times q \dots\dots\dots (3-9)$$

dengan:

S = angka stabilitas

p = pembacaan arloji \times kalibrasi alat

q = angka koreksi tebal benda uji

2. Kelelehan (*flow*)

Kelelehan menunjukkan deformasi benda uji akibat pembebanan, nilai *flow* didapatkan dari pembacaan *flowmeter*.

3. Kepadatan (*density*)

Density adalah berat campuran yang diukur tiap satuan volume. Nilai *density* menunjukkan kepadatan suatu campuran perkerasan agregat dan aspal. *Density* dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain kualitas bahan, kadar

aspal, jumlah tumbukna dan komposisi bahan penyusun. Nilai *density* (BD) dihitung dengan rumus:

$$BD = g = \frac{c}{f} \dots\dots\dots (3-10)$$

$$f = d - e \dots\dots\dots (3-11)$$

Keterangan:

c : benda uji sebelum direndam (gr)

d : berat benda uji jenuh air (gr)

e : volume benda uji di dalam air (gr)

f : volume benda uji (ml)

BD = *g* = berat volume benda uji (gr/ml)

4. *Void In Mix* (VIM) / Rongga udara dalam campuran

Void in Mix (VIM) dalam campuran perkerasan beraspal terdiri atas rongga udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal. Volume rongga udara dalam campuran dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$VIM = 100 \times \left(\frac{Gmm - Gmb}{Gmm} \right) \dots\dots\dots (3-12)$$

Keterangan:

VIM : Rongga udara pada campuran setelah pemadatan, prosentase dari volume total (%)

Gmb : Berat jenis campuran setelah pemadatan (gr/cc)

Gmm : Berat jenis campuratur maksimal teoritis setelah pemadatan (gr/cc)

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

Void in te Mineral Agregat (VMA) adalah ruang rongga diantara partikel agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif. VMA dapat dihitung berdasarkan berat jenis bulk (G_{sb}) agregat dan dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}} \dots\dots\dots (3-13)$$

Keterangan :

VMA : Rongga udara pada mineral agregat (%)

G_{mb} : Berat jenis campuran setelah pemadatan (gr/cc)

G_{sb} : berat jenis bulk agregat (gr/cc)

P_s : Kadar aspal, persen total campuran (%)

6. *Void Filled Bitumen (VFB)* / Rongga udara yang terisi aspal

Void Filled Bitumen (VFB) adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat agregat (VMA) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. VFB didapatkan dengan rumus sebagai berikut :

$$VFB = \frac{100(VMA - VIM)}{VMA} \dots\dots\dots (3-14)$$

Keterangan :

VFB : Rongga udara yang terisi aspal (%)

VMA : Rongga udara pada mineral agregat, prosentase volume total (%)

VIM : Rongga udara pada campuran setelah pemadatan, prosentase volume total (%)

7. *Marshall Quotient (QM)*

Marshall Quotient adalah hasil bagi antara stabilitas dan nilai *flow* dan digunakan untuk pendekatan terhadap tingkat kekuatan dan fleksiilitas campuran. Nilai QM yang tinggi menunjukkan nilai kekuatan lapis keras yang tinggi dan dapat diperoleh dengan rumus:

$$QM = \frac{s}{r} \dots\dots\dots (3-15)$$

Keterangan :

s = nilai stabilitas (kg)

r = nilai kelelahan (mm)