

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Laston / Asphalt Concrete (AC)

Berdasarkan Spesifikasi Bina Marga (2018), Laston atau AC (*Asphalt Concrete*) merupakan salah satu jenis perkerasan jalan dari lapis lentur. Sifat-sifat dari campuran laston dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Ketentuan Sifat-sifat Campuran Laston (AC)

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Fondasi
Jumlahan tumbukan per		75		112
Rongga dalam campuran (%)	Min	3,0		
	Maks.	5,0		
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga Terisi Aspal (%)	Min	65		
Stabilitas Marshall (kg)	Min	800		1800
Pelelehan (mm)	Min	2		3
	Maks.	4		6

Sumber: Spesifikasi Umum Binamarga 2018

3.2 Bahan Penyusun Laston

Bahan penyusun dalam campuran beraspal harus memenuhi spesifikasi yang telah diisyaratkan. Bahan penyusun laston tersebut terdiri dari agregat, aspal, bahan pengisi (*filler*), serta bahan tambah.

3.2.1 Agregat

Agregat yang umum digunakan dalam campuran beraspal dibagi atas dua fraksi dan dalam Spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga (2018) seperti berikut :

1. Agregat kasar

Fraksi agregat kasar untuk rancangan campuran adalah yang tertahan ayakan no.4 (4,75 mm) yang dilakukan secara basah dan harus bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan yang diberikan pada Tabel 3.2 dan Tabel 3.3.

Tabel 3.2 Sifat-sifat Agregat Kasar

Sifat-sifat	Metoda Pengujian	Ketentuan
Berat Jenis	SNI 1970:2016	Min. 2,1
Penyerapan oleh air	SNI 1970:2016	Maks. 2,5%

Sumber: Spesifikasi Umum Binamarga 2018

Tabel 3.3 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian	Metoda Pengujian	Nilai
Abrasi dengan mesin <i>Los Angeles</i>	100 putaran	Maks. 8%
	500 putaran	Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 2439:2011	Min. 95%

Sumber: Spesifikasi Umum Binamarga 2018

Gradasi yang akan digunakan dalam abrasi dengan mesin *Los Angeles* berdasarkan Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Daftar Gradasi dan Berat Benda Uji

Ukuran saringan				Gradasi dan berat benda uji						
Lolos saringan		Tertahan saringan		A	B	C	D	E	F	G
mm	inci	mm	inci							
75	3,0	63	2 1/2	-	-	-	-	2500±50	-	-
63	2 1/2	50	2,0	-	-	-	-	2500±50	-	-
50	2,0	37,5	1 1/2	-	-	-	-	5000±50	5000±50	-
37,5	1 1/2	25	1	1250±25	-	-	-	-	5000±25	5000±50
25	1	19	3/4	1250±25	-	-	-	-	-	5000±25
19	3/4	12,5	1/2	1250±10	2500±10	-	-	-	-	-
12,5	1/2	9,5	3/8	1250±10	2500±10	-	-	-	-	-
9,5	3/8	6,3	1/4	-	-	2500±10	-	-	-	-
6,3	1/4	4,75	No.4	-	-	2500±10	2500±10	-	-	-
4,75	No.4	2,36	No.8	-	-	-	2500±10	-	-	-
Total				5000±10	5000±10	5000±10	5000±10	10000±10	10000±10	10000±10
Jumlah bola				12	11	8	6	12	12	12
Berat bola				5000±25	4584±25	3330±20	2500±15	5000±25	5000±25	5000±25

Sumber: Standar Nasional Indonesia (SNI) 2417:2008

a. Berat jenis curah (*bulk specific gravity*)

Berat jenis curah didapat dari hasil perbandingan antara berat agregat kering dan air pada agregat yang dalam kondisi jenuh. Rumus yang digunakan untuk mendapatkan nilai berat jenis curah adalah seperti di bawah ini.

$$\text{Berat jenis curah (bulk specific gravity)} = \frac{B_k}{B_j - B_a} \dots \dots \dots (3-1)$$

Keterangan:

B_k = berat benda uji kering oven (gr)

B_j = berat benda uji kering permukaan jenuh (gr)

B_a = berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air (gr)

b. Berat jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface dry*)

Berat jenis kering permukaan jenuh yaitu perbandingan antara berat agregat dalam kondisi jenuh dan air pada agregat yang dalam kondisi jenuh. Berikut adalah rumus untuk mendapatkan nilai berat jenis kering permukaan jenuh.

Berat jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface dry*) =

$$\frac{B_j}{B_j - B_a} \dots \dots \dots (3-2)$$

c. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*)

Berat jenis semu adalah perbandingan antara agregat kering dan air pada agregat yang dalam kondisi kering. Nilai berat jenis semu didapat dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Berat jenis semu (apparent specific gravity)} = \frac{B_k}{B_k - B_a} \dots \dots \dots (3-3)$$

d. Penyerapan

Penyerapan adalah perbandingan berat air yang diserap pori-pori terhadap berat agregat kering. Rumus penyerapan adalah sebagai berikut.

$$\text{Penyerapan} = \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100 \dots \dots \dots (3-4)$$

2. Agregat halus

Agregat halus dari sumber bahan manapun, harus terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos ayakan no.4 (4,75 mm). Agregat halus harus merupakan bahan yang bersih, keras, bebas dari lempung, atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Ketentuan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Sifat-sifat Agregat Halus

Sifat-sifat	Metoda Pengujian	Ketentuan
Penyerapan oleh air	SNI 1969:2016	$\leq 5\%$

Sumber: Spesifikasi Umum Binamarga 2018

a. Berat jenis curah (*bulk specific gravity*)

Berat jenis curah didapat dari hasil perbandingan antara berat agregat kering dan air pada agregat yang dalam kondisi jenuh. Rumus yang digunakan untuk mendapatkan nilai berat jenis curah adalah seperti dibawah ini.

$$\text{Berat jenis curah} = \frac{B_k}{(B+500-Bt)} \dots \dots \dots (3 - 5)$$

Keterangan:

B_k = berat benda uji kering oven (gr)

B_j = berat benda uji kering permukaan jenuh (gr)

B_a = berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air (gr)

b. Berat jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface dry*)

Berat jenis kering permukaan jenuh yaitu perbandingan antara berat agregat dalam kondisi jenuh dan air pada agregat yang dalam kondisi jenuh. Berikut adalah rumus untuk mendapatkan nilai berat jenis kering

permukaan jenuh.

$$\text{Berat jenis kering permukaan jenuh} = \frac{500}{(B+500-Bt)} \dots \dots \dots (3-6)$$

c. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*)

Berat jenis semu adalah perbandingan antara agregat kering dan air pada agregat yang dalam kondisi kering. Nilai berat jenis semu didapat dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{BK}{(B+Bk-Bt)} \dots \dots \dots (3-7)$$

d. Penyerapan

Penyerapan adalah perbandingan berat air yang diserap pori-pori terhadap berat agregat kering. Rumus penyerapan adalah sebagai berikut.

$$\text{Penyerapan} = \frac{500-Bk}{Bk} \times 100\% \dots \dots \dots (3-3)$$

3.2.2 Aspal

Aspal yang digunakan di Indonesia umumnya menggunakan aspal keras dengan jenis AC pen 60/70 dan 80/100 karena Indonesia mempunyai iklim tropis dan volume lalu lintas yang tinggi. Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal pen 60/70. Syarat untuk aspal keras jenis aspal pen 60/70 dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Ketentuan untuk Aspal Keras Penetrasi 60/70

Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Persyaratan
Penetrasi pada 25 ⁰ C (0,1 mm)	SNI 2456:2011	60-70
Viskositas Kinematis 135 ⁰ C (Cst)	ASTM D2170-10	≥ 300
Titik Lembek (⁰ C)	SNI 2434:2011	≥ 48
Daktilitas pada 25 ⁰ C, (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100
Titik Nyala (⁰ C)	SNI 2433:2011	≥ 232
Kelarutan dalam Trichloroethylene	AASHTO T44-14	≥ 99
Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥ 1
Pengujian Residu hasil TFOT		
Berat yang hilang	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8
Penetrasi pada 25 ⁰ C (% semula)	SNI 2456:2011	≥ 54
Daktilitas pada 25 ⁰ C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 50

Sumber: Spesifikasi Umum Binamarga 2018

3.2.3 Bahan Pengisi (*filler*)

Berdasarkan SNI 03-6723-2002, bahan pengisi (*filler*) adalah bahan yang lolos ukuran saringan no. 30 (0,59 mm) dan syarat *filler* berdasarkan Spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga (2018) yaitu harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan harus mengandung bahan yang lolos ayakan no. 200 tidak kurang dari 75% terhadap beratnya. Dalam penelitian ini digunakan kapur sebagai *filler* dan pengujian yang dilakukan adalah pengujian berat jenis *filler*.

3.2.4 Gradasi agregat gabungan

Gradasi agregat gabungan didapat dengan pengujian analisa saringan dan harus memenuhi batas-batas yang diberikan dalam Tabel 3.7. Berat minimum yang digunakan untuk agregat halus adalah 300 gram, sedangkan untuk agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 3.8. Gradasi agregat untuk setiap *hot bin* yaitu *hot bin* I lolos saringan 3/4, *hot bin* II lolos saringan 1/2", *hot bin* III lolos saringan 3/8", dan *hot bin* IV lolos saringan no. 4. Gradasi agregat gabungan tersebut kemudian digunakan untuk menghitung perkiraan kadar aspal optimum. Rumus perhitungan

kadar aspal optimum adalah sebagai berikut.

$$P_b = 0,035 (\% CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%FF) + K \dots \dots \dots (3-9)$$

Keterangan:

P_b = kadar aspal optimum perkiraan

CA = persentase agregat tertahan saringan No. 8

FA = persentase agregat lolos saringan No. 8

FF = persentase agregat lolos saringan No. 200

K = konstanta kira-kira 0,5 – 1,0 untuk Laston dan 1,0 – 2,0 untuk Laston.

Hasilnya kemudian dibulatkan 0,5% dari kadar aspal terdekat.

Tabel 3.7 Gradasi Agregat Gabungan untuk Campuran Beraspal

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
0,600	14-30	12-28	10-22
0,300	9-22	7-20	6-15
0,150	6-15	5-13	4-10
0,075	4-9	4-8	3-7

Sumber: Spesifikasi Umum Binamarga 2018

Tabel 3.8 Berat Minimum Contoh Uji

Nominal maksimum bukaan saringan		Massa minimum contoh uji	
mm	inci	kg	lb
9,5	3/8	1	2
12,5	1/2	2	4
19,0	3/4	5	11
25,0	1	10	22
37,5	1 1/2	15	33
50,0	2	20	44
63,0	2 1/2	35	77
75,0	3	60	130
90,0	3 1/2	100	220
100,0	4	150	330
125,0	5	300	660

Sumber: Standar Nasional Indonesia (SNI) ASTM C136:2012

3.3 Parameter Marshall Test

Berikut adalah persamaan-persamaan yang digunakan untuk mendapatkan nilai untuk masing-masing parameter Marshall menurut Kusnianti, dkk (2014).

1. Kadar aspal total

Kadar aspal diperoleh dengan membandingkan berat aspal dan berat total campuran

$$\text{Kadar aspal total} = \frac{\text{Berat aspal}}{\text{Berat total campuran}} \times 100\% \dots \dots \dots (3 - 10)$$

2. Kepadatan (*density*)

Density merupakan tingkat kepadatan dari suatu campuran perkerasan aspal dan agregat.

$$\text{Kepadatan} = \frac{\text{Berat benda uji}}{\text{Volume benda uji}} \times 100\% \dots \dots \dots (3 - 11)$$

3. Berat jenis maksimum campuran beraspal (Gmm)

Gmm dilakukan pengujian metode AASTHO T 209 – 1990.

4. Berat jenis efektif agregat

Berat jenis efektif adalah perbandingan antara berat bahan diudara dengan volume agregat yang tidak diresapi oleh aspal.

$$G_{se} = \frac{P_{mm} - P_b}{\frac{P_{mm}}{G_{mm}} - \frac{P_b}{G_b}} \times 100\% \dots \dots \dots (3 - 12)$$

Keterangan:

G_{se} = berat jenis efektif agregat

G_{mm} = berat jenis maksimum campuran (AASHTO T 209 – 1990)

P_{mm} = persen berat terhadap total campuran (=100)

P_b = kadar aspal total, persen terhadap berat total campuran

G_b = berat jenis aspal

5. Berat jenis maksimum campuran dengan kadar aspal campuran yang berbeda

$$G_{mm} = \frac{P_{mm}}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_b}{G_b}} \times 100\% \dots \dots \dots (3 - 13)$$

Keterangan:

G_{se} = berat jenis efektif agregat

G_{mm} = berat jenis maksimum campuran

G_b = berat jenis aspal

P_{mm} = persen berat terhadap total campuran (=100)

P_s = persen agregat terhadap total campuran

P_b = kadar aspal total, persen terhadap berat total campuran

6. Berat jenis agregat curah

$$G_{sb} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \dots + \frac{P_n}{G_n}} \times 100\% \dots \dots \dots (3 - 14)$$

Keterangan:

Gsb = berat jenis agregat curah

G1, G2, Gn = berat jenis masing-masing fraksi agregat

P1, P2, Pn = persentase masing-masing fraksi agregat

7. Penyerapan aspal

$$P_{ba} = 100 \frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{sb} - G_{se}} G_b \dots \dots \dots (3 - 15)$$

Keterangan:

Pba = penyerapan aspal

Gse = berat jenis efektif agregat

Gsb = berat jenis agregat curah

Gb = berat jenis aspal

8. Rongga di antara mineral agregat / *Voids in Mineral Aggregate* (VMA)

Voids in Mineral Aggregate (VMA) adalah nilai presentase dari rongga dalam mineral agregat. Nilai VMA dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$VMA = 100 \frac{G_{mb} - P_s}{G_{sb}} \dots \dots \dots (3 - 16)$$

Keterangan:

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

Gsb = berat jenis agregat curah

Gmb = berat jenis curah campuran padat (AASHTO T-166)

P_s = persen agregat terhadap total campuran

P_b = kadar aspal total, persen terhadap berat total campuran

9. Rongga di dalam campuran / *Voids in Mix* (VIM)

Voids in Mix (VIM) adalah nilai presentase dari rongga udara yang ada pada campuran perkerasan aspal. Nilai VIM dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$VIM = 100 \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \dots\dots\dots (3-17)$$

Keterangan:

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

G_{mm} = berat jenis maksimum campuran

G_{mb} = berat jenis curah campuran padat
(AASHTO T-166)

10. Rongga terisi aspal / *Voids Filled Bitumen* (VFB)

Voids Filled Bitumen (VFB) merupakan nilai presentase rongga yang terisi aspal di dalam campuran, nilai VFB dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$VFB = \frac{100(VMA - VIM)}{VMA} \dots\dots\dots (3-18)$$

Keterangan:

VFB = rongga terisi aspal, persen terhadap VMA

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

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

11. Stabilitas

Nilai stabilitas dapat dilihat dari pembacaan arloji stabilitas yang kemudian dikalikan dengan kalibrasi *proving ring* dan dikalikan oleh angka koreksi pada Tabel 3.9. Angka koreksi tersebut berdasarkan isi benda uji.

Tabel 3.9 Rasio Korelasi Stabilitas

Isi Benda Uji (cm ³)	Tebal Benda Uji (mm)	Angka koreksi
200 – 213	25,4	5,56
214 – 225	27,0	5,00
226 – 237	28,6	4,55
238 – 250	30,2	4,17
251 – 264	31,8	3,85
265 – 276	33,3	3,57
277 – 289	34,9	3,33
290 – 301	35,5	3,03
302 – 316	38,1	2,78
317 – 328	39,7	2,50
329 – 340	41,3	2,27
341 – 353	42,9	2,08
354 – 367	44,4	1,92
368 – 379	46,0	1,79
380 – 392	47,6	1,67
393 – 405	49,2	1,56
406 – 420	50,8	1,47

Lanjutan Tabel 3.9

Isi Benda Uji (cm ³)	Tebal Benda Uji (mm)	Angka koreksi
421 – 431	52,4	1,39
432 – 443	54,0	1,32
444 – 456	55,6	1,25
457 – 470	57,2	1,19
471 – 482	57,7	1,14
483 – 495	60,3	1,09
496 – 508	61,9	1,04
509 – 522	63,5	1,00
523 – 535	65,1	0,96
536 – 546	66,7	0,93

Sumber: RSNi M-01-2003

12. Kelelahan plastis/ *flow*

Nilai *flow* didapat dari pembacaan arloji pengukur kelelahan bersamaan dengan pembacaan arloji stabilitas.

13. *Marshall Quotient* (MQ)

Nilai *Marshall Quotient* diperoleh dari hasil nilai stabilitas dibagi dengan nilai kelelahan.