

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Bahan Penyusun

3.1.1 Aspal

Pada penelitian ini, digunakan aspal penetrasi 60/70 dikarenakan Indonesia merupakan negara beriklim tropis dan memiliki mobilitas dan volume lalu lintas yang tinggi. Syarat untuk aspal dengan penetrasi 60/70 dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Ketentuan Pengujian Aspal Pen. 60/70

Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Persyaratan
Penetrasi dengan suhu 25°C	SNI 245:2011	60-70
Viskositas Kinematis 135°C (Cst)	ASTM D2170-10	≥300
Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥48
Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥232
Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥100
Kelarutan Aspal	AASHTO T44-14	≥99
Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥0,1
Pengujian Residu Hasil TFOT		
Berat yang hilang	SNI 06-2441-1991	≥0,8
Penetrasi dengan suhu 25°C (% semula)	SNI 2456:2011	≥54
Daktilitas dengan suhu 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥50

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018

3.1.2 Agregat

Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, agregat merupakan komponen utama dalam campuran aspal dengan syarat harus memenuhi Standar Nasional Indonesia dengan syarat penyerapan air terhadap agregat maksimum sebesar 3%.

1. Agregat kasar

Agregat kasar yang digunakan merupakan material yang tertahan pada ayakan No. 4 (4,75 mm) dengan kondisi baik (kering, dan terbebas dari lempung). Ketentuan untuk agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Ketentuan Pengujian Agregat Kasar

Pengujian		Metode Pengujian	Nilai
Abrasi dengan Mesin <i>Los Angeles</i>	Campuran AC	100 putaran	Maks. 6%
	Modifikasi	500 putaran	Maks. 30%
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan		natrium sulfat	Maks. 12%
		magnesium	Maks. 18%
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 3407:2008	Min. 95%
Berat jenis dalam penyerapan air		SNI-1969-2008	Maks. 3%
Material lolos ayakan No. 200		SNI ASTM C117:2012	Maks. 1%

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018

2. Agregat halus

Menurut Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, agregat halus bisa dari sumber bahan manapun dan harus lolos ayakan No. 4 (4,75 mm) dengan kondisi bahan yang keras, bersih dan bebas lempung atau bahan lainnya. Agregat halus harus memenuhi ketentuan seperti pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Ketentuan Pengujian Agregat Halus

Pengujian	Metoda Pengujian	Nilai
<i>Sand Equivalent</i>	SNI 03-4428-1997	Min. 50%
Uji Kadar Rongga Tanpa Pemasatan	SNI 03-6877-2002	Min. 45%
Gumpalan Lempung dan Butir-Butir Mudah Pecah dalam Agregat	SNI 03-4141-1996	Maks. 1%
Agregat Lolos Ayakan No. 200	SNI ASTM C117: 2012	Maks. 10%

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018

3.1.3 Bahan pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi (*filler*) yang dapat digunakan berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 adalah lolos ayakan No. 200 dan lebih atau sama dengan dari 75% dari beratnya. Pada penelitian ini semen yang digunakan sebesar 2% terhadap berat total agregat.

3.1.4 *Copper slag*

Copper slag atau yang biasa disebut sebagai limbah tembaga merupakan limbah yang berasal dari peleburan dan pemurnian logam tembaga. Sifat dan karakteristik *copper slag* bermacam-macam tergantung dengan proses pendinginannya. Ada dua jenis *copper slag* yang dihasilkan, yaitu *air-cooled* dan berbutir. *Air-cooled copper slag* merupakan jenis *copper slag* yang pada proses pendinginannya dilakukan dengan menggunakan suhu lingkungan sehingga berbentuk kristal, biasanya digunakan sebagai bahan agregat kasar. *Copper slag* berbutir dalam proses pendinginannya dilakukan melalui proses pendinginan air dalam alat granulator, sehingga berbentuk menyerupai pasir namun lebih tajam dan memiliki kandungan silikat dan oksida besi. Karakteristik *copper slag* berbutir sangat cocok digunakan sebagai bahan abrasif dan sebagai agregat halus dalam aplikasi campuran beton, geoteknik, dan perkerasan jalan. (Dhir et al, 2016)

3.1.5 Karakteristik campuran aspal beton

Syarat dari sifat campuran aspal beton (AC) khususnya aspal beton lapis antara menurut Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Ketentuan Campuran Aspal Beton (AC)

Sifat-sifat Campuran		Aspal Beton Lapis Antara (AC-BC)
Jumlah Tumbukan per bidang		75
Kadar Aspal Efektif (%)		4,3
Penyerapan Aspal (%)		1,2
Rongga Dalam campuran (VIM) (%)	Min.	3
	Maks.	5
Rongga Antar Agregat (VMA) (%)	Min.	14
Rongga Terisi Aspal (VFA) (%)	Min.	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	800
<i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)	Min.	250
Pelelehan (mm)	Min.	2
	Maks.	4

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018

Dalam penentuan nilai masing-masing parameter *Marshall* yang menggunakan mesin *Marshall Test*, ditentukan berdasarkan rumus-rumus dibawah ini:

1. Kepadatan atau *Density*

Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018, kepadatan tidaklah lebih atau kurang dari 2,5%. Nilai kepadatan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$density = \frac{\text{berat benda uji}}{\text{volume benda uji}} \dots\dots\dots (3-5)$$

2. Rongga dalam campuran atau *Void In Mix* (VIM)

Rongga dalam campuran atau *Void In Mix* merupakan rongga rongga yang berada pada campuran beraspal. Nilai VIM pada aspal beton diperoleh menggunakan rumus perhitungan sebagai berikut:

$$VIM = 100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \dots\dots\dots (3-9)$$

keterangan:

VIM = volume rongga dalam campuran aspal (% volume *bulk*),

G_{mm} = berat jenis maksimum,

G_{mb} = berat jenis *bulk*.

3. Rongga dalam agregat atau *Void in Mineral Aggregate* (VMA)

Rongga dalam agregat atau *Void in Mineral Aggregate* merupakan rongga yang berada dalam butir-butir agregat pada campuran aspal dan dinyatakan dalam presentase terhadap volume *bulk*. Nilai VMA pada aspal beton diperoleh menggunakan rumus sebagai berikut:

$$VMA = \left(100 - \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}} \right) \% \dots\dots\dots (3-8)$$

keterangan:

VMA = volume rongga udara agregat (% volume *bulk*),

G_{mb} = berat jenis *bulk*,

P_s = kadar agregat (% terhadap berat aspal)

G_{sb} = berat jenis *bulk* dari agregat.

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

Rongga terisi aspal atau *Void Filled with Asphalt* merupakan rongga rongga yang berada diantara butir-butir agregat yang terisi oleh aspal pada campuran

aspal beton. Nilai VFWA diperoleh menggunakan rumus perhitungan sebagai berikut:

$$VFWA = \frac{100 (VMA - VIM)}{VMA} \dots\dots\dots (3-10)$$

5. Stabilitas

Stabilitas merupakan kemampuan aspal beton dalam menerima beban terhadap lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk ataupun *bleeding* dan sesuai dengan umur rencana. Nilai stabilitas diperoleh menggunakan perhitungan jam arloji yang sudah dikalibrasikan menggunakan cincin penguji pada alat *Marshall*.

$$MS = p \times q \dots\dots\dots (3-11)$$

keterangan:

- MS* = *Marshall Stability* (kg),
- p* = pembacaan arloji × kalibrasi *proving ring* (lbf),
- q* = angka *convert lbs ke kg* (0,454 kg).

6. Kelelahan atau *Flow*

Kelelahan merupakan kemampuan aspal beton dalam menahan beban yang terjadi berulang-ulang tanpa terjadinya kerusakan pada suhu yang ada pada lapangan. Nilai kelelahan didapat dari hasil pembacaan arloji pengukur kelelahan.

7. *Marshall Quotient* (QM)

Marshall Quotient menyatakan nilai sifat kekakuan suatu campuran aspal yang didapat dari pembagian antara nilai stabilitas dan kelelahan, dengan rumus perhitungan sebagai berikut:

$$QM = \frac{MS}{MF} \dots\dots\dots (3-13)$$

keterangan:

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

MS = *Marshall Stability* (kg/mm),

MF = *Marshall Flow* (mm).

