

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Campuran Perkerasan AC-WC

Bahan pokok yang digunakan adalah agregat kasar (kerikil/ batu pecah), sedang, dan agregat halus (pasir). Selain menggunakan bahan pokok juga digunakan bahan ikat berupa aspal, semen, dan lain-lain. (Utomo, 2016). Mengingat lapisan perkerasan AC-WC adalah lapisan yang bersentuhan langsung dengan roda kendaraan maka bahan penyusun dari lapisan ini harus berkualitas baik sehingga mampu menghasilkan lapisan yang baik.

3.1.1 Agregat

Agregat untuk bahan penyusun lapisan perkerasan jalan dibagi menjadi 2, yaitu agregat kasar dan agregat halus. Agregat kasar merupakan agregat 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. Sementara agregat halus adalah agregat yang berasal 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). (Bina Marga, 2010).

Dalam penjelasan sebelumnya disebutkan bahwa bahan penyusun dari lapisan ini harus mempunyai kualitas yang baik, maka agregat ini harus memenuhi ketentuan yang dapat dilihat pada Tabel 3.1, Tabel 3.2 , dan Tabel 3.3.

Tabel 3.1 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian	Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan Natrium Sulfat	SNI 3407:2008	Maks. 12%
Abrasi dengan mesin Los Angeles (Campuran AC Modifikasi) 500 putaran	SNI 2417:2008	Maks. 30%
Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 2439:2011	Min. 95%
Partikel pipih dan lonjong	ASTM D4791 Perbandingan 1:5	Maks. 10%
Material lolos ayakan No. 200	SNI 03-4142-1996	Maks. 2%

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

Tabel 3.2 Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Sand Equivalent	SNI 03-4428-1997	Min. 60%
Berat jenis	SNI 3423:2008	Min. 2,5 gr/cc
Peresapan terhadap air	SNI 03-6877:2002	Maks. 3%

Sumber: Dokumen Pelelangan Nasional Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga Tabel 6.3.2.(2). 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).

3.1.2 Aspal

Aspal pada penelitian ini menggunakan 2 jenis aspal, yaitu aspal penetrasi 60/70 dan aspal Starbit E-55. Aspal starbit merupakan aspal yang dimodifikasi dengan elastomer jenis *Styrene Butadiene Styrene* (SBS) yang diklasifikasikan sebagai *Thermoplastic Rubbers*. Peningkatan kualitas aspal yang didapat tidak hanya berupa peningkatan titik leleh, namun juga *elastic recovery* (sangat penting untuk daerah dengan lalu lintas berat), kelekatan terhadap agregat, ketahanan terhadap oksidasi, ketahanan terhadap *fatigue*, dan ketahanan terhadap deformasi serta ketahanan terhadap air dan cuaca. (Wijaya, 2016).

Ketentuan aspal penetrasi 60/70 dapat dilihat pada Tabel 3.4, untuk ketentuan aspal Starbit E-55 dapat dilihat pada Tabel 3.5. Ketentuan temperatur aspal untuk pencampuran dan pemadatan dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3.4 Ketentuan Aspal Penetrasi 60/70

Jenis Pengujian	Metoda	Persyaratan
Penetrasi, 25° C, 100gr, 5 detik, 0.1 mm	SNI 06-2456-1991	60 - 70
Titik Lembek, ° C	SNI 2434:2011	≥ 48
Daktalitas, 25 ° C, 5 cm/menit	SNI 2432:2011	≥ 100
Titik Nyala, ° C	SNI 2433:2011	≥ 232
Berat Jenis (25 ° C) gr/cc	SNI 2441:2011	≥ 1,0
Berat yang Hilang, %	SNI 06-2441:1991	≤ 0,8
Penetrasi Setelah Kehilangan Berat, %	SNI 06-2456-1991	≥ 54
Kelarutan Terhadap CCL ₄ , %	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).

Tabel 3.5 Ketentuan Aspal Starbit E-55

Jenis Pengujian	Metoda	Persyaratan
Penetrasi, 25° C, 100gr, 5 detik, 0.1 mm	SNI 06-2456-1991	Min. 40
Titik Lembek, ° C	SNI 2434:2011	≥ 54
Daktalitas, 25 ° C, 5 cm/menit	SNI 2432:2011	≥ 100
Titik Nyala, ° C	SNI 2433:2011	≥ 232
Berat Jenis (25 ° C) gr/cc	SNI 2441:2011	≥ 1,0
Berat yang Hilang, %	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8
Penetrasi Setelah Kehilangan Berat, %	SNI 06-2456-1991	≥ 54
Kelarutan Terhadap CCL ₄ , %	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).

Tabel 3.6 Ketentuan Temperatur Aspal untuk Pencampuran dan Pemasatan

Prosedur Pelaksanaan	Temperatur Aspal (° C)	
	Aspal Pen 60/70	Aspal Starbit E-55
Pencampuran benda uji <i>Marshall</i>	155 ± 1	165 ± 1
Pemasatan benda uji <i>Marshall</i>	145 ± 1	155 ± 1

Sumber: Dokumen Pelelangan Nasional Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga Tabel 6.3.5.(1). Spesifikasi Umum 2010 (Revisi 3).

3.1.3 Filler

Menurut Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 revisi 3, *filler* adalah bahan yang lolos ayakan no.200 (0,074 mm). Bahan pengisi yang ditambahkan terdiri atas debu batu kapur, kapur padam, dan semen. Semua campuran beraspal harus mengandung bahan pengisi yang ditambahkan minimal 1 % dari berat total agregat, *filler* yang digunakan dalam campuran adalah semen.

3.1.4 Penggunaan cangkang kerang darah untuk perkerasan jalan

Menurut Ahmad dkk. (2016), penggunaan cangkang kerang darah memberikan pengaruh terhadap karakteristik *Marshall* pada campuran aspal. Hasil penelitian menyatakan bahwa kadar campuran 15% dan 25% diperoleh nilai

stabilitas, VITM, VMA, VFWA, *Marshall Quotient*, dan Kelelahan berada di atas syarat yang telah ditetapkan dalam peraturan.

Menurut Vitalis dkk. (2016) menyatakan bahwa cangkang kerang dapat digunakan sebagai alternatif agregat. Dari hasil penelitian tentang pengaruh tambahan cangkang kerang terhadap kuat tekan beton menghasilkan kuat tekan diatas kuat tekan rencana. Sementara hasil pengujian cangkang kerang darah juga memenuhi syarat untuk menjadi agregat. Adapun kandungan kimia dalam cangkang kerang dapat dilihat dalam Tabel 3.7

Tabel 3.7 Komposisi Kimia Cangkang Kerang Darah

Komponen Kimia	Kadar Senyawa Kimia (%)
CaO	67,072
SiO ₂	8,252
Fe ₂ O ₃	0,402
MgO	22,652
Al ₂ O ₃	1,622

(Sumber : Annur, 2013)

Dari data statistik perikanan tangkap Indonesia tahun 2010, yang dikeluarkan oleh Kementerian Kelautan dan Perikanan menjelaskan bahwa volume produksi kerang darah di Indonesia mencapai 34.482 ton.

Dengan pertimbangan kerang darah memiliki cangkang kerang yang lebih tebal dan keras dibandingkan dengan kerang hijau dan kerang bulu, banyaknya volume produksi kerang darah yang sampai saat ini hanya dagingnya saja yang dimanfaatkan untuk dikonsumsi sementara cangkangnya belum maksimal untuk

diolah kembali, dan juga berdasarkan pada penelitian sebelumnya maka cangkang kerang darah ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan alternatif untuk agregat sedang.

3.2 Parameter Marshall Test

Pengujian campuran aspal dapat dinyatakan layak dipakai atau tidak dengan melakukan uji *Marshall*. Dalam pengujian ini terdapat beberapa parameter-parameter yang harus dipenuhi sehingga campuran dapat dianggap layak untuk digunakan, parameter-parameter ini kemudian disebut sebagai karakteristik *Marshall*. Dalam penelitian ini menggunakan Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston dan Laston yang dimodifikasi (AC-Mod) yang dapat dilihat pada Tabel 3.8 dan Tabel 3.9.

Tabel 3.8 Persyaratan Campuran Laston

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		AC-WC	AC-BC	AC-Base
Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min.	1,0		
	Maks.	1,4		
Rongga dalam campuran (%)	Min.	3,0		
	Maks.	5,0		
Rongga dalam agregat (%)	Min.	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	Min.	65	65	65
Stabilitas <i>marshall</i> (kg)	Min.	800		1800
Kelelehan (mm)	Min.	2		3
	Maks.	4		6

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

Tabel 3.9 Persyaratan Campuran Laston yang Dimodifikasi (AC-Mod)

Sifat-sifat Campuran		Laston (AC)		
		AC-WC	AC-BC	AC-Base
Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min.	1,0		
	Maks.	1,4		
Rongga dalam campuran (%)	Min.	3,0		
	Maks.	5,0		
Rongga dalam agregat (%)	Min.	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	Min.	65	65	65
Stabilitas <i>marshall</i> (kg)	Min.	1000		2250
Kelelehan (mm)	Min.	2		3
	Maks.	4		6

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

Berikut akan dijelaskan macam-macam dan langkah dalam mendapatkan nilai untuk masing-masing parameter *Marshall*.

3.2.1 Kepadatan (*density*)

Nilai *density* menunjukkan kepadatan suatu campuran perkerasan agregat dan aspal.

$$g = \frac{c}{f} \dots\dots\dots(3-2)$$

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

keterangan :

g = berat isi benda uji (gr/cc),

c = berat benda uji sebelum direndam (gr),

d = berat benda uji jenuh air (gr),

e = volume benda uji di dalam air (gr),

f = volume benda uji (cc).

3.2.2 Void in Mineral Aggregate (VMA)

Void in Mineral Aggregate persen rongga dalam agregat yang terisi oleh aspal, nilai VMA dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$l = 100 - j \quad \dots\dots\dots(3-4)$$

$$j = \frac{(100-b) \times g}{Bj.Agregat} \quad \dots\dots\dots(3-5)$$

keterangan :

- l = persen rongga dalam agregat (%),
- j = volume agregat terhadap benda uji (%),
- b = persentase aspal terhadap campuran (%),
- g = berat isi benda uji (gr/cc).

3.2.3 Void Filled with Asphalt (VFWA)

Nilai VFWA merupakan nilai persentase rongga yang terisi aspal di dalam campuran, nilai VFWA dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$m = 100 \times \frac{i}{l} \quad \dots\dots\dots(3-6)$$

$$i = \frac{b \times g}{Bj.Asفال} \quad \dots\dots\dots(3-7)$$

keterangan :

- m = persen rongga terisi aspal (%),
- l = persen rongga dalam agregat (%),
- b = persentase aspal terhadap campuran (%),
- g = berat isi benda uji (gr/cc).

3.2.4 Void in The Mix (VITM)

Void in The Mix (VITM) adalah persentase rongga udara yang ada terhadap campuran perkerasan aspal, nilai VITM dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$n = 100 - (100 \times \frac{g}{h}) \dots\dots\dots(3-8)$$

$$h = \frac{100}{\left(\frac{\%agregat}{Bj.Agregat}\right) + \left(\frac{\%aspal}{Bj.Aspal}\right)} \dots\dots\dots(3-9)$$

keterangan :

n = persen rongga terhadap campuran (%),

g = berat isi benda uji (gr/cc),

h = berat jenis maksimum teoritis campuran (gr/cc).

3.2.5 Stabilitas

Stabilitas lapisan perkerasan jalan adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur, ataupun *bleeding*. Nilai stabilitas didapat dari pembacaan arloji stabilitas yang kemudian dikalibrasi dengan *proving ring* dan dikoreksi tebal benda uji.

$$S = p \times q \dots\dots\dots(3-1)$$

keterangan :

S = angka stabilitas (kg),

p = pembacaan arloji x kalibrasi *proving ring* (kg),

q = angka koreksi tebal benda uji.

3.2.6 Kelelehan (*flow*)

Kelelehan adalah ketahanan campuran aspal dari beban berulang tanpa terjadinya kelelehan berupa alur atau retak. Nilai *flow* didapatkan dari pembacaan arloji pengukur kelelehan.

3.2.7 Marshall Quotient (QM)

Nilai QM diperoleh dari hasil dari nilai stabilitas dibagi nilai kelelehan. Nilai QM dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$QM = \frac{S}{r} \dots\dots\dots(3-10)$$

keterangan :

QM = nilai *marshall quotient* (kg/mm),

S = stabilitas (kg),

r = kelelehan (mm).