

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Stone Matrix Asphalt (SMA)

Istilah campuran SMA di Amerika dikenal dengan singkatan dari *stone matrix asphalt*, sedangkan di Eropa adalah *stone mastic asphalt*. Jenis campuran SMA pada kedua negara banyak diaplikasikan karena memiliki ketahanan terhadap deformasi (*rutting*) serta memiliki beberapa keuntungan bagi pengguna jalan, yaitu diantaranya mempunyai ketahanan gelincir (*skid resistant*) yang cukup tinggi serta mengeliminasi kebisingan (SNI 8129:2015 : *Stone Matrix Asphalt (SMA)*).

Stone matrix asphalt (SMA) merupakan jenis campuran beraspal panas yang dapat digunakan sebagai lapis permukaan dengan beberapa karakteristik lapisan yang dapat memberikan beberapa keuntungan bagi pengendara karena mempunyai ketahanan gelincir (*skid resistant*) yang cukup tinggi. Di samping itu, campuran SMA mempunyai gradasi agregat hampir seragam sehingga memiliki ketahanan terhadap deformasi (*rutting*) maka lebih tepat untuk beban kendaraan berat. Namun demikian, berdasarkan pengalaman penggunaan serat selulosa (tidak berbentuk pelet) sering mengalami kegagalan karena sulitnya diperoleh campuran yang homogen. Untuk itu, pada spesifikasi SMA ini jenis serat selulosa yang direkomendasikan berupa serat selulosa berbentuk pelet.

3.2 Bahan Penyusun Stone Matrix Asphalt (SMA)

Sama seperti campuran aspal beton lainnya, campuran *stone matrix asphalt* (SMA) terdiri dari agregat dan aspal, yang membedakan adalah gradasi bahan penyusun dan komposisinya serta penambahan serat selulosa sebagai bahasa pilihan campuran aspal. Untuk menghasilkan campuran aspal yang baik maka diperlukan bahan yang baik. Berikut ini merupakan ketentuan bahan penyusun yang diatur dalam SNI 8129:2015 : *Stone Matrix Asphalt* (SMA).

3.2.1 Agregat

Agregat merupakan unsur komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yaitu mengandung 90-95% agregat berdasarkan persentase berat atau 75-85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian daya dukung koma-koma dan mutu perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain (Sukirman, 1993).

Menurut ketentuan SNI 8129:2015 agregat yang digunakan dalam pekerjaan harus sedemikian agar campuran SMA yang proporsinya dibuat sesuai dengan rumus perbandingan campuran dan memenuhi semua ketentuan yang disyaratkan.

3.2.1.1 Agregat kasar

Frakasi agregat kasar untuk rancangan campuran SMA adalah tertahan ayakan No. 4 (4,76 mm) dan haruslah bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi persyaratan yang diberikan pada tabel 3.1 Agregat kasar harus Batu Pecah mempunyai angularitas seperti yang disyaratkan pada tabel 3.1 Angularitas agregat kasar didefinisikan sebagai persen terhadap berat

agregat yang lebih besar dari No. 4 (4,76 mm) dengan muka bidang pecah satu atau lebih.

Tabel 3.1 Persyaratan Agregat Kasar

Pengujian	Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium atau magnesium sulfat	SNI 3407:2008	Maks. 12 %
Abrasi dengan mesin Los Angeles	SNI 2417:2008	Maks. 30 %
Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 2439:2011	Min. 95 %
Angularitas	ASTM D 5821-01	100/90 ⁽¹⁾
Partikel pipih dan lonjong (Perbandingan 1:5)	RSNI T-01-2005	Maks. 5 %

Sumber : SNI 8129:2015 *Stone Matrix Asphalt* (SMA)

3.2.1.2 Agregat halus

Fraksi Agregat halus dari sumber bahan manapun, harus terdiri penyaringan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos ayakan No. 4 (4,76 mm) sesuai SNI 03-6819-2002. Fraksi Agregat halus pecah mesin, harus dijemput terpisah dari agregat kasar. Agregat halus harus merupakan bahan yang bersih, keras bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Agregat pecah halus harus diperoleh dari batu yang memenuhi persyaratan mutu agregat kasar (sesuai tabel 3.1: Jalan bentuk, abrasi dan kelekatan). Agar dapat memenuhi persyaratan mutu Batu Pecah halus harus diproduksi dari batu yang bersih. Bahan halus dari pemasok pemecah batu (*crusher feed*) harus diayak dan ditempatkan tersendiri sebagai bahan yang tak terpakai kulit batu sebelum proses pemecahan kedua (*secondary crushing*). Agregat halus harus memenuhi persyaratan sebagaimana ditunjukkan pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Persyaratan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 60 %
Material lolos ayakan No. 200	SNI 03-4142-1996	Maks. 1 %
Angularitas	SNI 03-6877-2002	Min. 45 %
Batas cair (Liquid Limit, LL)	SNI 1967:2008	Maks. 25
Indeks plastis (Plastic Index, PI)	SNI 1966:2008	NP

Sumber : SNI 8129:2015 *Stone Matrix Asphalt* (SMA)

Gradasi agregat gabungan pada campuran *stone matrix asphalt* (SMA) ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat. Pemilihan tipe gradasi disesuaikan dengan tebal rancangan minimum serta harus memenuhi batas – batas yang ditunjukkan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Gradasi Agregat Gabungan Campuran SMA

Ukuran Ayakan		% Berat yang Lolos
ASTM	(mm)	SMA Kasar (Tebal rancangan min. 5,0 cm)
1"	25	100
¾"	19	90 – 100
½"	12,5	50 – 88
3/8"	9,5	25 – 60
No. 4	4,75	20 – 28
No. 8	2,36	16 – 24
No. 200	0,075	8 - 11

Sumber : SNI 8129:2015 *Stone Matrix Asphalt* (SMA)



Gambar 3.1 Agregat Kasar dan Agregat Halus

3.2.1.3 Bahan pengisi (*filler*)

Bahan pengisi filler yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan serta harus memenuhi persyaratan sesuai SNI 03-6723-2002. Bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI ASTM C136-2012 harus mengandung bahan yang lolos ayakan nomor 200 (75 micron) tidak kurang dari 75% terhadap beratnya.



Gambar 3.2 *Filler* Semen



Gambar 3.3 *Filler* Serbuk Batu Bata

3.2.2 Aspal

Aspal merupakan campuran bahan pengikat agregat pada campuran perkerasan jalan. Selain itu, aspal berfungsi sebagai pengisi rongga diantara butir agregat serta pori pada agregat. Pada campuran *stone matrix asphalt* (SMA), aspal keras yang dapat digunakan harus sesuai dengan Tabel 3.4 dan pengambilan contoh aspal harus dilaksanakan sesuai dengan SNI 03-6399-2000.

Tabel 3.4 Persyaratan Aspal Keras

No	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Tipe I Aspal Pen 60 - 70
1.	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 2456:2011	60 - 70
2.	Titik lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48
3.	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100
4.	Titik nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 232
5.	Kelarutan dalam <i>Thichlor Ethylen</i> (%)	ASTM D2042	≥ 99
6.	Berat jenis aspal	SNI 2441:2011	≥ 1,0
7.	Stabilitas penyimpanan : Perbedaan titik lembek (°C)	ASTM D 5976 part 6.1 SNI 2434:2011	-
Pengujian residu aspal hasil TFOT atau RTFOT :			
8.	Berat yang hilang (%)	SNI 06-2440-1991	≤ 0,8
9.	Penetrasi pada 25°C (%)	SNI 2456:2011	≥ 54
10.	Keelastisan setelah pengembalian (%)	AASHTO T 301-99	-
11.	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100
12.	Partikel yang lebih halus dari 150 mikron (µm) (%)		

Sumber : SNI 8129:2015 *Stone Matrix Asphalt* (SMA)



Gambar 3.4 Aspal PEN 60/70

3.2.3 Bahan aditif

Jenis aditif dapat berupa bubuk atau butiran atau anti pengelupasan untuk masing-masing jenis aditif proses pembentukan mengikuti manual produk.

3.2.3.1 Serat selulosa

Serat selulosa yang dipergunakan harus berbentuk alat yang ditambahkan ke dalam campuran sekitar 0,3% terhadap berat total campuran sehingga dapat mencegah draindown. Serat selulosa sebelum dibentuk pelet serta dimensi serat selulosa pendek harus memenuhi persyaratan pada tabel 3.5.

Tabel 3.5 Persyaratan Serat Selulosa

Pengujian	Satuan	Persyaratan
Serat :		
Panjang serat	mm	6,35
Lolos ayakan No. 20	%	85 ± 10
Lolos ayakan No. 40	%	40 ± 10
Lolos ayakan No. 140	%	30 ± 10
pH	-	7,5 ± 1,0

Absorsi minyak		-	7,5 ± 1,0 kali berat serat selulosa Maks. 5
Kadar air		%	
Selulosa pelet :			
Diameter	mm		3,8 – 4,0
Panjang	mm		5,9 – 6,1

Sumber : SNI 8129:2015 *Stone Matrix Asphalt (SMA)*



Gambar 3.5 Serat Selulosa Wood Pellet

3.2.3.2 Bahan tambah zeolit

Zeolit merupakan mineral yang terdiri dari kristal alumiosilikat terhidrasi yang mengandung kation alkali atau alkali tanah dalam kerangka tiga dimensinya. Zeolit merupakan kristal alumina-silika yang mempunyai struktur berongga atau berpori dan mempunyai sisi aktif yang bermuatan negatif yang mengikat secara lemah kation

penyeimbang muatan. Zeolit terdiri atas gugusan alumina dan gugusan silika-oksida yang masing-masing berbentuk tetrahedral dan saling dihubungkan oleh atom oksigen sedemikian rupa sehingga membentuk kerangka tiga dimensi. Zeolit yang digunakan berasal dari CV. PUTRI GRESIK.



Gambar 3.6 Bahan Tambah Zeolit

3.3 Parameter Marshall Test

Marshall test dilakukan untuk mengetahui nilai kepadatan, *void in mineral aggregate* (VMA), *void in mix* (VIM), *void filled with bitumen* (VFB), stabilitas, kelelahan, dan *marshall quotient* (QM). Berikut merupakan batas-batas yang harus dipenuhi untuk campuran *stone matrix asphalt* (SMA) ditunjukkan pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Persyaratan Campuran *Stone Matrix Asphalt* (SMA)

Sifat – Sifat Campuran		Persyaratan
		SMA
Kadar aspal		6,0 – 7,0
Jumlah tumbukan tiap bidang		50
Rongga dalam campuran (VIM), %	Min.	4,0
	Maks.	5,0
Rongga dalam agregat (VMA), %	Min.	17
Stabilitas <i>Marshall</i> , kg	Min.	600
Pelelehan, mm	Min.	2
	Maks.	4,5
<i>Tensile Strength Ratio</i> (TSR) pada VIM 6 % ± 1 %	Min.	80
Stabilitas dinamis, lintasan/mm	Min.	2500

Sumber : SNI 8129:2015 *Stone Matrix Asphalt* (SMA)

Berikut akan dijabarkan langkah - langkah dalam mendapatkan nilai untuk tiap parameter *marshall*.

3.3.1 Kepadatan (*density*)

Nilai kepadatan (*density*) menunjukkan kepadatan pada suatu perkerasan campuran aspal dan agregat. Nilai kepadatan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$g = \frac{c}{f} \quad (3-1)$$

$$f = d - e \quad (3-2)$$

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 jenuh air (gr).

f = volume benda uji (cc).

3.3.2 *Void in mineral aggregate (VMA)*

Void in Mineral Aggregate merupakan persen rongga udara diantara partikel agregat yang terisi oleh aspal. Nilai *VMA* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$VMA = 100 - (j) \quad (3-3)$$

$$j = \frac{[100-(b)].g}{b.j. Agregat} \quad (3-4)$$

Keterangan:

- j = volume agregat terhadap benda uji.
- b = kadar aspal terhadap campuran.
- g = berat isi benda uji (gr/cc).
- VMA = rongga dalam mineral (%).

3.3.3 *Void in mix (VIM)*

Nilai *VIM* merupakan persentase rongga udara yang ada diantara butiran agregat dalam campuran aspal. Nilainya dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$VIM = 100 - 100 \frac{g}{h} \quad (3-5)$$

$$h = \left[\frac{100}{\left(\frac{\% agregat}{b.j.agregat} + \frac{\% aspal}{b.j.aspal} \right)} \right] \quad (3-6)$$

Keterangan:

- g = berat isi benda uji (gr/cc).
- h = berat jenis maksimum teoritis campuran (gr/cc).
- VIM = persen rongga terhadap campuran (%).

3.3.4 *Void Filled with Bitumen (VFB)*

Nilai *Void Filled with Bitumen* merupakan nilai persentase rongga yang terisi aspal yang terdapat di antara rongga partikel agregat dalam campuran. Nilai *VFB* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$VFB = 100 \times \frac{i}{l} \quad (3-7)$$

$$i = \frac{b \times g}{Bj. \text{ aspal}} \quad (3-8)$$

Keterangan:

VFB = Void filled with bitumen (%).

i = Volume aspal terhadap benda uji (%).

l = VMA (%).

b = persentase aspal terhadap campuran (%).

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

3.3.5 Stabilitas

Stabilitas merupakan kemampuan lapis perkerasan untuk menerima atau menahan beban lalu lintas tanpa terjadinya perubahan bentuk yang permanen seperti gelombang, alur, maupun *bleeding*. Stabilitas terjadi dari hasil gesekan antar butir, pengujian antar partikel, dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal. Persamaan pada stabilitas adalah sebagai berikut.

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

Keterangan:

S = angka stabilitas (kg).

p = pembacaan arloji x proving ring.

q = angka koreksi tebal benda uji.

3.3.6 Kelelehan (*flow*)

Kelelehan plastis merupakan indikator terhadap lentur yaitu menyatakan besarnya deformasi pada lapisan perkerasan akibat pembebanan lalu lintas. Nilai kelelehan sendiri berasal dari hasil pembacaan jam arloji pengukur kelelehan yang terdapat pada alat *Marshall*, nilai satuan yang didapatkan nantinya adalah mm.

3.3.7 Marshall Quotient (QM)

Nilai *marshall quotient* (QM) merupakan hasil dari nilai stabilitas yang dibagi dengan nilai kelelahan. Nilainya dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$QM = \frac{s}{r} \quad (3-10)$$

Keterangan:

- s = nilai stabilitas (kg)
- r = nilai kelelahan (mm)
- QM = *Marshall Quotient* (kg/mm)

