

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Split Mastic Asphalt (SMA)

Menurut Khaerudin, A. (1989) pada awalnya pengembangan lapisan SMA dimaksudkan untuk mengembangkan suatu lapis permukaan (*wearing course*) yang mampu memberikan ketahanan maksimal terhadap proses pengausan oleh ban kendaraan (*wearing resistance*) dan mampu memberikan ketahanan maksimal terhadap deformasi oleh lalu lintas berat (*rutting resistance*) di musim panas (temperatur tinggi) maupun di musim dingin (temperatur sangat rendah). Karakteristik yang penting dalam *Split Mastic Asphalt* (SMA) adalah sebagai berikut :

1. Kadar *chippingnya* (agregat yang berukuran lebih besar dari 2 mm) tinggi.
2. Kadar yang tinggi dari parikel-partikel yang berukuran paling kasar.
3. Kadar bitumennya tinggi.
4. Lapisan film aspalnya tebal.
5. Stabilisasi bitumennya oleh *additive*.

Menurut Nurdin, I. (1990) *Split Mastic Asphalt* (SMA) adalah salah satu jenis lapis aspal beton campuran panas dengan gradasi terbuka yang terdiri dari :

1. *Split* (agregat kasar) dengan jumlah fraksi tinggi yaitu $\pm 75\%$.
2. *Mastic asphalt* yaitu campuran agregat halus, *filler*, dan aspal dengan kadar relatif tinggi.
3. Bahan tambah (*additive*) yang berfungsi untuk stabilisasi aspal.

dengan ;

1. Struktur/kerangka campuran tahan terhadap deformasi pada temperatur tinggi (60° C) sehingga mampu melayani lalu lintas berat di daerah tropis tanpa terjadinya gelombang dan *rutting*.
2. Film aspal tebal dan fleksibel sehingga mampu mencegah retak-retak.

Nurdin, I. (1990) juga menggolongkan SMA menjadi 3 (tiga) jenis berdasarkan grading dan fungsinya, yaitu :

1. SMA 0/11, dengan ukuran agregat maksimum 11 mm. Umumnya digunakan untuk *wearing course* jalan baru. Ketebalan pengaspalan antara 2,5 - 5 cm.
2. SMA 0/8, dengan ukuran agregat maksimum 8 mm. Umumnya digunakan untuk *overlay* pada jalan lama. Ketebalan pengaspalan antara 2 - 4 cm.
3. SMA 0/5, dengan ukuran agregat maksimum 5 mm. Digunakan untuk pemeliharaan dan perbaikan-perbaikan setempat. Ketebalan pengaspalan antara 1,5 - 3 cm.

Penggunaan lapis tipis *Split Mastic Asphalt* (SMA) 0/11 untuk lapis permukaan jalan di Indonesia yang beriklim tropis dengan kondisi jalan umumnya relatif kurang mantap, akan memberikan prospek untuk memecahkan masalah kerusakan dini/belum pada waktunya dari lapis permukaan jalan berupa retak *fatigue* (fatik), gelombang dan *rutting* dimana cukup banyak ditemui pada lapis permukaan jalan jenis laston dan lataston. Hasil percobaan menunjukkan lapis tipis *Split Mastic Asphalt* dengan bahan tambah serat selulosa mempunyai sifat: tahan oksidasi, tahan cuaca panas/temperature tinggi, tahan deformasi pada temperatur tinggi (60° C), fleksibel, mampu melayani lalu lintas berat, dan aman untuk lalu lintas.

Menurut Mudjiono, FA. (1994) dalam Hidayati, N. (1995) SMA memiliki fungsi untuk meningkatkan keawetan, kekesatan, fleksibilitas lapis permukaan jalan, meningkatkan ketahanan terhadap *rutting* dan oksidasi.

2.2. Agregat

Bina Marga dalam Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (1983) menyatakan bahwa agregat adalah batu pecah, kerikil, pasir atau komposisi mineral lainnya baik berupa hasil alam maupun hasil pengolahan (penyaringan dan pemecahan) yang merupakan bahan utama konstruksi jalan, beton, pondasi (balast) jalan kereta api dan sebagainya.

Menurut Petunjuk Pelaksanaan Laston Untuk Jalan Raya Bina Marga (1987) agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau komposisi mineral lainnya, baik merupakan hasil alam atau buatan.

The Asphalt Institute (1983) menjelaskan bahwa agregat yang juga disebut batuan, bahan berbutir kecil dan bahan mineral adalah sesuatu yang keras; bahan dasar yang digunakan dalam tingkat butiran atau bagian dari beton aspal campuran panas pada perkerasan jalan. Sifat-sifat yang harus diperhatikan dalam penggunaan agregat pada perkerasan jalan menyangkut kualitas beton aspal campuran panas adalah sebagai berikut:

1. Ukuran maksimal butiran dalam gradasi
2. Kebersihan
3. Kekerasan
4. Bentuk butiran
5. Tekstur permukaan

6. Daya serap/penyerapan agregat
7. Kelekatan terhadap aspal

Menurut Sukirman, S. (2003) agregat didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat. ASTM mendefinisikan agregat sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa massa berukuran besar ataupun berupa fragmen-fragmen. Agregat pada dasarnya merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan persentase berat, atau berkisar antara 75-85% agregat berdasarkan persentase volume. Sifat agregat merupakan salah satu faktor penentu kemampuan perkerasan jalan memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca. Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai material perkerasan jalan adalah gradasi, kebersihan, kekerasan dan ketahanan agregat, bentuk butiran, tekstur permukaan, porositas, kemampuan untuk menyerap air, berat jenis, daya pelekatan dengan aspal.

Berdasarkan ukuran partikelnya, agregat dibedakan menjadi 3 (tiga) macam, yaitu :

1. Agregat kasar, agregat yang berukuran $> 4,75$ mm (ASTM) atau > 2 mm (AASHTO)
2. Agregat halus, agregat yang berukuran $< 4,75$ mm (ASTM) atau < 2 mm dan $> 0,075$ mm (AASHTO)
3. Abu batu/mineral *filler*, agregat yang lolos saringan No.200.

Gradasi agregat menunjukkan distribusi ukuran butiran dalam campuran agregat.

Gradasi batuan dibedakan menjadi 3 macam, yaitu : gradasi menerus, gradasi

timpang/terbuka, dan gradasi seragam/*uniform* (ukuran butir hampir sama). Pada perkerasan *SMA* gradasinya adalah gradasi timpang/terbuka, dimana ada salah satu atau beberapa ukuran agregat sengaja dihilangkan sehingga menyebabkan kandungan aspal menjadi lebih banyak. (Hidayati, N., 1995)

2.3. Aspal

Menurut Sukirman, S. (2003), aspal didefinisikan sebagai material perekat (*cementitious*) berwarna hitam atau coklat tua, dengan unsur utama bitumen. Bitumen terutama mengandung senyawa hidrokarbon. Aspal adalah material yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, dan bersifat termoplastis. Aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, dan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama dengan agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4 -10% berdasarkan berat campuran, atau 10 – 15% berdasarkan volume campuran. Aspal yang digunakan sebagai material perkerasan jalan berfungsi sebagai:

1. Bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat dan antara sesama aspal.
2. Bahan pengisi, mengisi rongga antar butir agregat dan pori-pori yang ada di dalam butir agregat itu sendiri.

Menurut Sulaksono W, S. (2001) aspal adalah sejenis mineral yang banyak digunakan untuk konstruksi jalan, khususnya perkerasan lentur. Aspal merupakan material organik (*hydrocarbon*) yang kompleks, dapat diperoleh langsung dari alam atau dengan proses tertentu (*artificial*). Umumnya aspal terbagi atas bentuk

cair, semi padat, dan padat pada suhu ± 25 °C. Aspal merupakan material penting dalam perkerasan lentur karena dapat merekatkan (bersifat sebagai perekat), mengisi rongga, dan memiliki sifat kedap air (*waterproof*).

The Asphalt Institute (1983) menjelaskan bahwa aspal tersusun dari sejumlah senyawa hidrokarbon yang disebut bitumen. Akibatnya aspal sering disebut juga sebagai bitumen. Bahan campuran aspal biasanya disebut aspal semen dengan kekentalan tinggi, bahan pekat yang mudah melekat dengan agregat. Oleh karena itu aspal merupakan perekat atau bahan ikat yang baik untuk mengikat butiran-butiran agregat dalam beton campuran panas. Aspal semen adalah bahan kedap air yang baik dan juga tidak terpengaruh oleh sejumlah asam alkali dan garam.

Menurut Sartono, W. (1990) dalam Soandrijanie JF, L. (1997) kadar aspal dalam campuran akan berpengaruh banyak terhadap karakteristik perkerasan. Kadar aspal yang rendah akan menghasilkan perkerasan rapuh yang akan mengakibatkan *raveling* akibat beban lalu lintas, sebaliknya bila kadar aspal terlalu tinggi akan menghasilkan suatu perkerasan yang tidak stabil.

Menurut Khaerudin, A. dalam Majalah Teknik Jalan dan Transportasi No.066 (1989) kadar aspal yang tinggi pada suatu campuran dengan gradasi terbuka seperti pada SMA memberikan sifat-sifat:

1. Menghasilkan lapisan film aspal yang tebal dengan demikian:
 - a. Tahan terhadap oksidasi yang terjadi pada aspal.
 - b. Tahan terhadap proses pelapukan akibat sinar matahari yang relatif terik.
 - c. Menjamin terjadinya kelekatan yang lebih baik di antara agregat.

2. Tidak peka terhadap fluktuasi atau perubahan kadar aspal dalam campuran.
3. Menghasilkan kelekatan yang lebih baik antara lapisan SMA sebagai *wearing course* dengan lapisan di bawahnya.
4. Lebih fleksibel dalam mengatasi perubahan bentuk akibat kurang mantapnya lapisan bawah.

2.4. Bahan tambah Roadcel-50

Menurut Khaerudin, A. dalam Majalah Teknik Jalan dan Transportasi No.066 (1989) pada campuran SMA, kadar aspal yang digunakan jumlahnya relatif tinggi sehingga memerlukan proses stabilisasi dengan bahan tambah (*additive*). Untuk SMA grading 0/11 *additive* yang digunakan sebanyak 0,3% dari total berat campuran agregat.

Menurut Brosur Produk *Roadcel-50* PT. Olah Bumi Mandiri, Jakarta dalam Ekaprasetya, FN. (2003) *Roadcel-50* merupakan serat selulosa untuk bahan tambah pada perkerasan lentur yang berukuran mikron (μ) untuk menaikkan dan menstabilkan kinerja perkerasan. Dalam pemakaiannya di konstruksi jalan, *Roadcel-50* mudah menyebar dan merata dalam bebrbagai media aspal, menyediakan rongga fraksi yang rendah dan seragam di seluruh campuran aspal. *Roadcel-50* secara khusus mengandung serat terpilih sedemikian sehingga diameter dan panjangnya meningkatkan fleksibilitas dan ketahanan dari perkerasan yang akan memperpanjang umur perkerasan dan keamanan konstruksi perkerasan yang lebih baik.

Menurut Nurdin, I. (1990) penggunaan serat selulosa sebagai bahan tambah (*additive*) dalam beton aspal campuran panas (*hot mix*) memberikan keuntungan yaitu:

1. Memungkinkan untuk menambah tebal film aspal pada agregat.
2. Meningkatkan ketahanan terhadap cuaca panas.
3. Meningkatkan stabilitas.
4. Mengurangi segregasi atau pemisahan agregat.

sehingga memperpanjang umur beton aspal campuran panas. Serat selulosa juga bersifat *inert* (tidak bereaksi) dengan bahan lain sehingga tidak berdampak negatif.

Berikut disajikan tabel karakteristik dari *Roadcel-50* :

Tabel 2.1. Karakteristik *Roadcel-50*

No.	Karakteristik	Unit	Batas
1.	Kadar selulosa	%	90
2.	Berat isi gembur/curah	gr/lt	30
3.	Kadar air	%	-
4.	PH	-	7 ± 1
5.	Ukuran partikel		
	< 800 μ	%	-
	< 40 μ	%	-
	< 32 μ	%	-
6.	Panjang serat maksimum	μ	6000
7.	Panjang serat rerata	μ	1500
8.	Tebal serat rerata	μ	40
9.	Berat jenis	-	-
10.	Residu pada pemanasan 250 °C	%	5
11.	Ketahanan terhadap asam alkali	-	Baik

Sumber : Brosur *Roadcel-50 PT. Olah Bumi Mandiri, Jakarta*
(Ekaprasetya, FN., 2003)

2.5. Batu Lintang (Kalsit)

Kalsit merupakan mineral utama pembentuk batu gamping, dengan unsur kimia pembentuknya terdiri dari kalsium (Ca) dan karbonat (CO_3), mempunyai sistem kristal Heksagonal dan belahan rhombohedral, tidak berwarna dan transparan. Unsur kalsium dalam kalsit dapat tersubstitusi oleh unsur logam sebagai pengotor yang dalam prosentasi berat tertentu membentuk mineral lain. Dengan adanya substitusi ini ada perubahan dalam penulisan rumus kimia yaitu $\text{CaFe}(\text{CO}_3)_2$ dan MgCO_3 (substitusi Ca oleh Fe), CaMgCO_3 , $\text{Ca}_2\text{MgFe}(\text{CO}_3)_4$ (substitusi oleh Mg dan Fe) dan CaMnCO_3 (substitusi oleh Mn). Dilihat dari kejadiannya, kalsit secara umum berkaitan erat dengan batu-gamping dan aktifitas magma, namun berdasarkan data hasil penelitian baru diketahui di sepanjang pantai barat Sumatera, Jawa bagian selatan dan sebagian kecil Jawa bagian utara. Bentuk endapan dapat datar, bukit atau berupa lensa. Penggunaan kalsit saat ini telah mencakup berbagai sektor yang didasarkan pada sifat fisik dan kimianya. Penggunaan tersebut, meliputi sektor pertanian, industri kimia, makanan, logam dan lainnya. (Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batu Bara, 2003).

Adapun komposisi kandungan kimia dari batu lintang dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 2.2. Hasil Analisis Komposisi Kimia Batu Lintang/Kalsit

Unsur kimia/Oksida	Komposisi (% berat)
Silika(SiO ₂)	0,22
Besi Oksida (Fe ₂ O ₃)	0,05
Aluminium Oksida (Al ₂ O ₃)	0,07
Kalsium Oksida(CaO)	55,32
Magnesium Oksida(MgO)	0,70
Sulfat (SO ₃)	0
Tembaga(Cu)	< 0,01
Mangan(Mn)	0,005
Hilang pijar termasuk CO ₂ (HP)	43,50
Kehalusan : Kadar CaCO ₃	98,75

Sumber : Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Bahan dan Barang Teknik, Bandung, 1985.

2.6. Bahan Pengisi (Filler)

Bina Marga dalam Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) Untuk Jalan Raya (1987) menjelaskan bahwa bahan pengisi adalah bahanberbutir halus yang lolos saringan No.30 dimana prosentase berat butir yang lolos saringan No.200 minimum 65%. Apabila diperlukan, bahan pengisi harus terdiri dari abu batu, abu batu kapur, kapur padam, semen (PC) atau bahan non plastis lainnya. Bahan pengisi harus kering (kadar air maksimum 1%) dan bebas dari bahan lain yang mengganggu dan apabila dilakukan pemeriksaan analisa saringan, harus memenuhi gradasi sebagai berikut.

Tabel 2.3. Gradasi Bahan Pengisi

Ukuran Saringan	Prosentase Berat yang Lolos
No. 30 (0,590 mm)	100
No. 50 (0,279 mm)	95-100
No.100 (0,149 mm)	90-100
No.200 (0,074 mm)	65-100

Sumber: Petunjuk Pelaksanaan Laston Untuk Jalan Raya, Bina Marga, 1987.

Menurut Totomihardjo, S. (2004), *filler* diperlukan untuk meningkatkan kepadatan, kekuatan dan karakteristik lain beton aspal. *Filler* dapat berfungsi ganda dalam campuran beton aspal:

1. Sebagai bagian dari agregat, *filler* akan mengisi rongga dan menambah bidang kontak antar butir agregat sehingga akan meningkatkan kekuatan campuran.
2. Bila dicampur dengan aspal, *filler* akan membentuk bahan pengikat yang berkonsistensi tinggi sehingga mengikat butiran agregat secara bersama-sama.

2.7. Karakteristik Marshall

Menurut Roberts, F.L., *et al.* (1991) karakteristik Marshall meliputi:

1. Stabilitas (*Stability*).
2. Kelelehan plastis (*Flow*).
3. Berat volume (*Density*).
4. *Void In The Mix* (VITM)/prosentase rongga terhadap campuran.
5. *Void Filled With Asphalt* (VFWA)/ prosentase rongga terisi aspal.
6. Hasil bagi Marshall (*Marshall Quotient*)

2.7.1. Stabilitas (*Stability*)

Menurut Roberts, F.L., *et al.* (1991) Stabilitas Marshall didefinisikan sebagai beban maksimum yang dibawa oleh satu spesimen terkompaksi yang dites pada temperatur 140 °F pada angka pembebanan 2 inci/menit. Pada umumnya stabilitas mempresentasikan ukuran viskositas massa campuran agregat-semen aspal dan dipengaruhi secara signifikan oleh sudut fraksi internal agregat dan viskositas semen aspal pada temperatur 140 °F.

Menurut Petunjuk Pelaksanaan Laston Untuk Jalan Raya Bina Marga (1987) stabilitas adalah kemampuan maksimum suatu benda uji campuran aspal dalam menahan beban sampai terjadi kelelahan plastis, dinyatakan dalam satuan beban.

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur, dan *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan, dan beban lalu lintas yang akan dilayani. Jalan yang melayani volume lalu lintas tinggi dan dominan terdiri dari kendaraan berat, membutuhkan perkerasan jalan dengan stabilitas tinggi. Sebaliknya perkerasan jalan yang diperuntukkan untuk melayani lalu lintas ringan tentu tidak perlu mempunyai nilai stabilitas yang tinggi. (Sukirman, S., 2003)

2.7.2. Kelelahan plastis (*Flow*)

Menurut Roberts, F.L., *et al.* (1991) *flow* adalah deformasi dalam satuan 0,01 inci dari awal pembebanan hingga titik dimana beban mulai berkurang. *Flow* diukur pada waktu yang bersamaan dengan stabilitas *Marshall*.

Bina Marga dalam Petunjuk Pelaksanaan Laston Untuk Jalan Raya (1987) menjelaskan bahwa *flow* (kelelahan) adalah besarnya perubahan bentuk plastis suatu benda uji campuran beraspal yang terjadi akibat suatu beban sampai batas keruntuhan, dinyatakan dalam satuan panjang.

2.7.3. Berat volume (*Density*)

Menurut Bustaman (2000) dalam Ekaprasetia, F.N., (2003) *density* (berat volume/kepadatan) adalah berat campuran yang diukur tiap satuan volume. *Density* dipengaruhi dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain: kadar aspal dan kekentalan aspal.

2.7.4. *Void In The Mix* (VITM)/prosentase rongga terhadap campuran

Menurut Petunjuk Pelaksanaan Laston Untuk Jalan Raya Bina Marga (1987) rongga di dalam campuran adalah perbandingan volume % rongga terhadap volume total campuran padat, dinyatakan dalam %.

Sukirman, S., (2003) menjelaskan bahwa banyaknya pori yang berada dalam beton aspal padat (= *Void In Mix*) adalah banyaknya pori di antara butir-butir agregat yang diselimuti aspal. VIM dinyatakan dalam prosentase terhadap volume beton aspal padat.

2.7.5. *Void Filled With Asphalt* (VFWA)/ prosentase rongga terisi aspal

Menurut Petunjuk Pelaksanaan Laston Untuk Jalan Raya Bina Marga (1987) rongga terisi aspal adalah % volume rongga di dalam agregat yang terisi aspal efektif.

VFWA adalah bagian dari VMA (*Void in Mineral Aggregate*) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk di dalamnya aspal yang terabsorpsi oleh masing-masing butir agregat. Dengan demikian, aspal yang mengisi VFWA adalah aspal yang berfungsi untuk menyelimuti butir-butir agregat di dalam beton aspal padat, atau

dengan kata lain VFWA inilah yang merupakan prosentase volume beton aspal yang menjadi film atau selimut aspal (Sukirman, S., 2003).

2.7.6. Hasil bagi Marshall (Marshall *Quotient*)

Menurut Bustaman (2000) dalam Ekaprasetia, F.N., (2003) Marshall *Quotient* (QM) merupakan hasil bagi antara nilai stabilitas dan nilai *flow*. Nilai QM akan memberikan nilai fleksibilitas campuran. Semakin besar nilai QM berarti lapis keras semakin kaku, sebaliknya bila semakin kecil nilai QM maka campuran lapis keras tersebut semakin lentur.