

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Umum

Pemeriksaan dan pengujian bahan perkerasan jalan raya yang menggunakan bahan perkerasan aspal dilakukan untuk mengendalikan mutu bahan perkerasan. Pengendalian yang dimaksud adalah agar jenis dan mutu bahan perkerasan yang akan diusahakan sesuai dengan rencana kebutuhan yang ada.

Dengan kata lain penggunaan bahan perkerasan harus sesuai dengan kondisi di lapangan. Agregat dipakai antara lain adalah batu pecah, batu belah, batu kali, dan hasil samping peleburan baja. Sedangkan bahan ikat yang dipakai antara lain adalah aspal, semen, dan tanah liat. Berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dibedakan atas tiga macam, yaitu:

1. Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*), adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut adalah lapisan permukaan (*surface coarse*), lapisan pondasi atas (*base coarse*), lapisan pondasi bawah (*sub-base coarse*), dan lapisan tanah dasar (*subgrade*).

2. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikat, pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton.
3. Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku atau perkerasan kaku diatas perkerasan lentur. Perbedaan utama antara perkerasan lentur dan kaku dapat terlihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Perbedaan antara Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku

No.		Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku
1.	Bahan pengikat	Aspal	Semen
2.	Repetisi beban	Timbul <i>rutting</i> (lendutan pada jalur roda)	Timbul retak-retak pada permukaan
3.	Penurunan tanah dasar	Jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar)	Bersifat sebagai balok diatas perletakan
4.	Perubahan temperature	Modulus kekakuan berubah. Timbul tegangan dalam yang kecil	Modulus kekakuan tidak berubah. Timbul tegangan dalam yang besar.

Sumber: Sukirman, S, (1992)

B. Lapis Aspal Beton

Lapisan aspal beton adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat, dicampur dan dihampar dalam keadaan panas serta dipadatkan pada suhu tertentu (Sukirman, S.,1992).

Tebal nominal minimum Laston (AC) adalah 4 – 7,5 cm (Spesifikasi Bina Marga Divisi 6 Perkerasan Aspal, 2010). Sesuai fungsinya Laston (AC) mempunyai 3 macam campuran yaitu:

1. Laston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*), dengan tebal nominal minimum adalah 4 cm.
2. Laston sebagai lapisan antara, dikenal dengan nama AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*), dengan tebal nominal minimum adalah 6 cm.
3. Laston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama AC-Base (*Asphalt Concrete-Base*), dengan tebal nominal minimum adalah 7,5 cm.

Sebagai lapis permukaan perkerasan jalan, Laston (AC) mempunyai nilai struktur, kedap air, dan mempunyai stabilitas tinggi. Ketentuan sifat-sifat campuran beraspal panas menurut Spesifikasi Umum 2010 untuk Laston (AC) bergradasi kasar, tertera pada Tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2. Ketentuan Sifat – Sifat Laston (AC) Gradasi Halus

Sifat-sifat Campuran		LASTON		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Pondasi
Kadar aspal efektif	Min	4,3	4,0	3,5
Penyerapan aspal (%)	Max	1,2		
Jumlah tumbukan perbidang		75		112
Rongga dalam campuran (VIM) (%)	Min	3,5		
	Max	5,0		
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga terisi Aspal (VFA) (%)	Min	65	63	60
Stabilitas Marshall (Kg)	Min	800		1800*
	Max	-		-
Pelelehan (mm)	Min	3		4,5
Marshall Quotient (kg/mm)	Min	250		300
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min	90		
Rongga dalam campuran (%) pada	Min	2,5		

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Perkerasan aspal Tabel 6.3.3. (1c)

C. Bahan Campuran Beraspal Panas

Bahan penyusun konstruksi perkerasan lentur terdiri dari agregat dan bahan pengikat berupa aspal.

1. Agregat

Agregat adalah suatu kombinasi dari pasir, kerikil, batu pecah atau kombinasi material lain yang digunakan dalam campuran beton aspal. Proporsi agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi (*filler*) didasarkan kepada spesifikasi dan gradasi yang tersedia. Jumlah agregat di dalam campuran aspal biasanya 90 sampai 95 persen, atau 75 sampai 85 persen dari volume. Agregat dapat diperoleh secara alami atau buatan.

Berdasarkan ukuran butirannya agregat dapat dibedakan atas agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (*filler*). Batasan dari masing-masing agregat ini seringkali berbeda, sesuai institusi yang menentukannya.

a. Agregat Kasar

Fraksi agregat kasar yaitu tertahan pada saringan no. 8 (2,36 mm), agregat kasar untuk campuran aspal harus terdiri dari batu pecah yang bersih, kuat, kering, awet, bersudut, bebas dari kotoran lempung dan material asing lainnya serta mempunyai tekstur permukaan yang kasar dan tidak bulat agar dapat memberikan sifat *interlocking* yang baik dengan material yang lain.

Agregat kasar pada umumnya harus memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan sesuai dengan ketentuan yang ada, seperti tertera pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Standar	Nilai
Kekakuan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat		SNI 3407:2008	Maks.12%
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC bergradasi kasar	SNI 2417:2008	Maks.30%
	Semua jenis campuran aspal gradasi lainnya		Maks.40%
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 03-2439-1991	Min. 95%
Angularitas (kedalaman dari permukaan <10 cm)		DoT's Pennsylvania Test Method, PTM No.621	95/90 1
Angularitas (kedalaman dari permukaan 10 cm)			80/75 1
Partikel Pipih dan Lonjong		ASTM D4791 Perbandingan 1 :5	Maks.10%
Material lolos Ayakan No.200		SNI 03-4142-1996	Maks. 1%

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Perkerasan Aspal Tabel 6.3.2 (1a)

b. Agregat Halus

Fraksi agregat halus yaitu, agregat dengan ukuran butir lebih kecil dari saringan no.8 (2,36mm), agregat dapat meningkatkan stabilitas campuran dengan penguncian (*interlocking*) antara butiran, agregat halus juga mengisi ruang antara butir. Bahan ini dapat terdiri dari butir-butiran batu pecah atau pasir alam atau campuran dari keduanya. Agregat halus pada umumnya harus memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan, seperti pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min.50% SS,HRS dan AC gradasi halus, Min.70% AC gradasi kasar
Material Lolos Ayakan No. 200	SNI 03-4428-1997	Max 8%
Kadar Lempung	SNI 3423 : 2008	Maks 1%
Angularitas (kedalaman dari permukaan < 10 cm)	AASHTO TP-33 atau ASTM C1252-93	Min. 45
Angularitas (kedalaman dari permukaan 10 cm)		Min. 40

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Perkerasan Aspal Tabel 6.3.2.(2a)

c. Bahan pengisi (*filler*)

Bahan pengisi yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen. Bahan pengisi (*filler*) harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI 03-1968-1990 harus mengandung bahan yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm) tidak kurang dari 75 % terhadap beratnya.

Fungsi bahan pengisi (*filler*) adalah sebagai pengisi rongga udara pada material sehingga memperkaku lapisan aspal. Apabila campuran agregat kasar dan halus masih belum masuk dalam spesifikasi yang telah ditentukan, maka pada campuran Laston perlu ditambah dengan *filler*. Sebagai *filler* dapat digunakan debu batu kapur, debu *dolomite* atau semen *Portland*. *Filler* yang baik adalah yang tidak tercampur dengan kotoran atau bahan lain yang tidak dikehendaki dalam keadaan kering (kadar air maks. 1%).

2. Aspal

Defenisi dari aspal adalah material berwarna hitam atau coklat tua. Pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, jika dipanaskan sampai temperatur tertentu dapat menjadi lunak / cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan campuran aspal beton atau dapat masuk kedalam pori-pori yang ada pada penyemprotan/ penyiraman pada perkerasan macadam atau pelaburan.

Fungsi aspal pada perkerasan jalan adalah :

1. Sebagai bahan pengikat antara agregat maupun antara aspal itu sendiri.
2. Sebagai bahan pengisi, mengisi rongga antar butir-butir agregat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri.

Aspal minyak dengan bahan dasar aspal dapat dibedakan atas:

- a. Aspal keras/panas (*asphalt cement*), adalah aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan panas. Aspal ini berbentuk padat pada keadaan penyimpanan (temperatur ruang).
- b. Aspal dingin/cair (*cut back asphalt*), adalah aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan dingin. Aspal cair dihasilkan dengan melarutkan aspal keras dengan bahan pelarut berbasis minyak.
- c. Aspal emulsi (*emulsion asphalt*), adalah aspal yang disediakan dalam bentuk emulsi. Aspal emulsi dihasilkan melalui proses pengemulsian aspal keras. Pada proses ini partikel-partikel aspal padat dipisahkan dan didispersikan dalam air yang mengandung emulsifier (emulgator).

(Sukirman, S.,1992)

Aspal pada umumnya harus memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan sesuai dengan ketentuan yang ada, seperti tertera pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5. Spesifikasi Aspal Keras pen 60/70

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Persyaratan
1.	Penetrasi, 25°C, 100 gr, 5	SNI 06-2456-1991	60 – 70
2.	Viskositas 135°C	SNI 06-6441-1991	385
3.	Titik Lembek (°C)	SNI 06-2434-1991	48
4.	Indeks Penetrasi	-	- 1,0
5.	Daktilitas pada 25 °C, (cm)	SNI 06-2432-1991	100
6.	Titik Nyala (°C)	SNI 06-2433-1991	232
7.	Berat Jenis	SNI 06-2441-1991	1,0
8.	Berat yang Hilang	SNI 06-2440-1991	0.8

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Perkerasan Aspal Tabel 6.3.2.5

Komposisi Aspal

- a. Aspal merupakan unsur *hydrocarbon* yang sangat kompleks, sangat sukar memisahkan molekul-molekul yang membentuk aspal tersebut.
- b. Secara umum komposisi dari aspal terdiri dari *asphaltenes* dan *maltene*.
- c. *Asphaltenes* merupakan material berwarna hitam atau coklat tua yang larut dalam heptane.
- d. *Maltenes* merupakan cairan kental yang terdiri dari *resin* dan *oils*, dan larut dalam heptanes
- e. *Resins* adalah cairan berwarna kuning atau coklat tua yang memberikan sifat adhesi dari aspal, merupakan bagian yang mudah hilang atau berkurang selama masa pelayanan jalan. *Oils* adalah media dari *asphaltenes* dan resin, berwarna lebih muda.
- f. Proporsi dari *asphaltenes*, *resin*, *oils* berbeda tergantung dari banyak faktor seperti kemungkinan beroksidasi, proses pembuatan dan ketebalan aspal dalam campuran.

D. Gradasi Agregat

Gradasi adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya. Ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisa saringan. Gradasi agregat dinyatakan dalam persentase lolos atau persentase tertahan yang dihitung berdasarkan berat agregat. Gradasi agregat menentukan besarnya rongga atau pori yang mungkin terjadi dalam agregat campuran, campuran agregat yang baik adalah agregat yang terdiri dari agregat berukuran besar sampai kecil

secara merata, hal tersebut dikarenakan rongga yang terbentuk oleh agregat berukuran besar akan diisi oleh agregat yang lebih kecil.

Gradasi agregat ditentukan oleh analisa saringan, gradasi agregat dinyatakan dalam persentase berat masing-masing contoh yang lolos pada saringan tertentu. Persentase ini ditentukan dengan menimbang agregat yang lolos atau tertahan pada masing-masing saringan. Gradasi agregat dapat dibedakan atas :

1. Gradasi seragam (*uniform graded*)/ gradasi terbuka (*open graded*)

Gradasi seragam adalah gradasi agregat dengan ukuran yang hampir sama. Gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka (*open graded*) karena hanya mengandung sedikit agregat halus sehingga terdapat banyak rongga atau ruang kosong antar agregat. Campuran beraspal yang dibuat dengan gradasi ini bersifat porus atau memiliki permeabilitas yang tinggi, stabilitas yang rendah dan memiliki berat isi yang kecil.

2. Gradasi rapat (*Dense graded*)

Gradasi rapat adalah gradasi agregat dimana terdapat butiran dari agregat kasar sampai halus, sehingga sering disebut gradasi menerus atau gradasi baik (*well graded*). Campuran dengan gradasi ini memiliki stabilitas yang tinggi, agak kedap terhadap air dan memiliki berat isi yang besar.

3. Gradasi senjang (*Gap graded*)

Gradasi senjang adalah gradasi agregat dimana ukuran agregat yang ada tidak lengkap atau ada fraksi agregat yang tidak ada atau jumlahnya sedikit sekali.

Gradasi agregat yang ditentukan pada Spesifikasi Bina Marga 2010 dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6. Gradasi Agregat untuk Campuran Aspal

Ukuran Ayakan (mm)	% Berat yang Lolos Terhadap Total Agregat Dalam Campuran					
	Laston (AC)					
	Gradasi Halus			Gradasi Kasar		
	WC	BC	Base	WC	BC	Base
37,5	-		100	-	-	100
25	-	100	90-100	-	100	90-100
19	100	90-100	73-90	100	90-100	73-90
12,5	90-100	74-90	61-79	90-100	71-90	55-76
9,5	72-90	64-82	47-67	72-90	58-80	45-66
4,75	54-69	47-64	39,5-50	43-63	37-56	28-39,5
2,36	39,1-53	34,6-49	30,8-37	28-39,1	23-34,6	19-26,8
1,18	31,6-40	28,3-38	24,1-28	19-25,6	15-22,3	12-18,1
0,600	23,1-30	20,7-28	17,6-22	13-19,1	10-16,7	7-13,6
0,300	15,5-22	13,7-20	11,4-16	9-15,5	7-13,7	5-11,4
0,150	9-15	4-13	4-10	6-13	5-11	4,5-9
0,075	4-10	4-8	3-6	4-10	4-8	3-7

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Perkerasan Aspal Tabel 6.3.2.

4. Ukuran Maksimum Agregat

Ukuran maksimum butir agregat dapat dinyatakan dengan menggunakan:

- a. *Ukuran maksimum agregat*, yaitu menunjukkan ukuran saringan terkecil dimana agregat lolos saringan tersebut sebanyak 100 %.
- b. *Ukuran nominal maksimum agregat*, menunjukkan ukuran saringan terbesar agregat yang tertahan saringan tersebut tidak lebih dari 10%.

Ukuran maksimum agregat ikut menentukan tebal minimum lapisan perkerasan yang mungkin dapat dilaksanakan. Sebagai patokan awal, tebal lapisan minimum sama dengan dua kali ukuran agregat maksimum. Segregasi dapat terjadi apabila distribusi agregat tidak merata antara agregat berbutir besar dan agregat berbutir kecil.

5. Berat Jenis Agregat

Berat jenis Agregat adalah perbandingan antara berat volume agregat dan berat volume air. Agregat dengan berat jenis kecil, mempunyai volume yang besar. Atau berat yang ringan. Terdapat beberapa jenis dari berat jenis (*specific gravity*) yaitu :

- a. Berat jenis bulk (*bulk specific gravity*), adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering dan volume agregat.
- b. Berat jenis kering permukaan (*saturated surface dry*), adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering permukaan, jadi merupakan berat agregat kering + berat air yang dapat meresap ke dalam pori agregat, dan seluruh volume agregat.
- c. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*), adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering, dan volume agregat yang tak dapat diresap i oleh air.
- d. Berat jenis efektif (*efective specific gravity*), adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering, jadi merupakan berat agregat kering, dan volume agregat yang tak dapat diresapi aspal.

Pengukuran volume agregat dalam proses penentuan berat jenis agregat dilakukan dengan mempergunakan hukum Archimedes, yaitu berat benda dalam air akan berkurang sebanyak berat zat cair yang dipindahkan. Pengujian berat jenis agregat halus dilaksanakan mengikuti SNI, Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat halus, SNI 03-1969-1990; SK SNI M-09-1989-F, atau AASHTO T 85-88.

E. Karakteristik Campuran beraspal

Menurut Silvia Sukirman (2003), terdapat tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh beton aspal adalah stabilitas, keawetan, kelenturan atau fleksibilitas, ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*), kekesatan permukaan atau ketahanan geser, kedap air dan kemudahan pelaksanaan (*workability*). Di bawah ini adalah penjelasan dari ketujuh karakteristik beton aspal tersebut.

1. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas lapisan pekerjaan jalan adalah kemampuan lapisan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk seperti gelombang dan alur. Kebutuhan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan dan beban lalu lintas yang dilayani. Jalan yang melayani volume lalu lintas tinggi dan mayoritas kendaraan berat membutuhkan perkerasan jalan dengan stabilitas tinggi.

Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai stabilitas beton aspal adalah :

- a. Gesekan internal yang dapat berasal dari kekasaran permukaan butir-butir agregat, luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir, gradasi agregat, kepadatan campuran dan tebal film aspal.
- b. Kohesi yang merupakan gaya ikat aspal berasal dari daya lekatnya, sehingga mampu memelihara tekanan kontak antar butir agregat.

Agregat dengan gradasi baik, atau bergradasi rapat akan memberikan rongga antar butiran agregat (*voids in mineral aggregate*) yang kecil yang menghasilkan stabilitas yang tinggi, tetapi membutuhkan kadar aspal yang rendah untuk mengikat agregat. *Void In Mineral Aggregate* (VMA) yang

kecil mengakibatkan aspal yang dapat menyelimuti agregat terbatas dan menghasilkan film aspal yang tipis. Film aspal yang tipis mudah lepas yang mengakibatkan lapis tidak lagi kedap air. Oksidasi mudah terjadi, dan lapis perkerasan menjadi rusak. Pemakaian aspal yang banyak mengakibatkan aspal tidak lagi dapat menyelimuti agregat dengan baik (karena VMA kecil) dan juga menghasilkan rongga antar campuran atau *Voids In The Mix* (VIM) yang kecil. Adanya beban lalu lintas yang menambah pemadatan lapisan mengakibatkan lapisan aspal meleleh ke luar yang disebut *bleeding*.

2. Durabilitas (*Durability*)

Durabilitas (Keawetan/Daya Tahan) diperlukan pada lapisan permukaan sehingga lapisan dapat mampu menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air, dan perubahan suhu ataupun keausan akibat gesekan roda kendaraan.

Faktor yang mempengaruhi durabilitas lapis aspal beton adalah:

- a. *Voids In The Mix* (VIM) kecil sehingga lapis kedap air dan udara tidak masuk ke dalam campuran yang menyebabkan terjadinya oksidasi dan aspal menjadi rapuh (getas).
- b. *Void In Mineral Aggregate* (VMA) besar sehingga film aspal dapat dibuat tebal. Jika VMA dan VIM kecil serta kadar aspal tinggi maka kemungkinan terjadinya *bleeding* cukup besar, untuk mencapai VMA yang besar ini digunakan agregat bergradasi senjang.
- c. Film (selimut) aspal, film aspal yang tebal dapat menghasilkan lapis aspal beton yang durabilitas tinggi, tetapi kemungkinan terjadinya *bleeding* menjadi besar.

3. Fleksibilitas (*Fleksibility*)

Kelenturan atau fleksibilitas pada lapisan perkerasan adalah kemampuan lapisan perkerasan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume.

Untuk mendapatkan fleksibilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan:

- a. Penggunaan agregat bergradasi senjang, diperoleh VMA yang besar.
- b. Penggunaan aspal lunak (aspal dengan penetrasi yang tinggi).
- c. Penggunaan aspal cukup banyak sehingga diperoleh VIM yang kecil.

4. Kekesatan/tahanan geser (*Skid Resistance*)

Skid resistance adalah kekesatan yang diberikan oleh perkerasan sehingga kendaraan tidak mengalami slip baik diwaktu hujan (basah) maupun di waktu kering. Kekesatan dinyatakan dengan koefisien gesek antara permukaan jalan dengan roda kendaraan. Tingginya nilai tahanan geser ini dipengaruhi oleh:

- a. Penggunaan agregat dengan permukaan kasar.
- b. Penggunaan kadar aspal yang tepat sehingga tidak terjadi *bleeding*.
- c. Penggunaan agregat kasar yang cukup.

5. Ketahanan Kelelahan (*Fatigue Resistance*)

Ketahanan kelelahan adalah ketahanan lapis aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan berupa alur (*rutting*) dan retak.

Faktor-faktor yang mempengaruhi ketahanan terhadap kelelahan adalah:

- a. VIM yang tinggi dan kadar aspal yang rendah akan mengakibatkan kelelahan yang lebih cepat.

b. VMA dan kadar aspal yang tinggi dapat mengakibatkan lapis perkerasan menjadi fleksibel.

6. Kedap Air (*Impermeable*)

Kemampuan lapis beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal dan pengelupasan selimut aspal dari permukaan agregat.

7. Kemudahan Pelaksanaan (*Workability*)

Kemudahan Pelaksanaan adalah kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Faktor kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah viskositas aspal, kepekatan aspal terhadap perubahan temperatur dan gradasi serta kondisi agregat.

Ketujuh sifat campuran beton aspal ini tidak mungkin dapat dipenuhi sekaligus oleh satu campuran. Jalan yang melayani lalu lintas ringan seperti mobil penumpang sepantasnya lebih memilih jenis beton aspal yang mempunyai sifat durabilitas dan fleksibilitas yang tinggi daripada memilih jenis beton aspal dengan stabilitas tinggi.

F. Sifat Volumetrik Campuran Aspal Beton

Kinerja aspal beton sangat ditentukan oleh volumetrik campuran aspal beton padat yang terdiri dari :

1. Berat Jenis *Bulk* Agregat

Berat jenis *bulk* adalah perbandingan antara berat bahan di udara (termasuk rongga yang cukup kedap dan yang menyerap air) pada satuan volume dan suhu tertentu dengan berat air serta volume yang sama pada suhu tertentu. Karena agregat total terdiri dari fraksi-fraksi agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi yang masing-masing mempunyai berat jenis berbeda maka berat jenis *bulk* (G_{sb}) agregat total dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$G_{sb} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \dots + \frac{P_n}{G_n}} \quad (1)$$

Keterangan :

G_{sb} = Berat jenis *bulk* total agregat

$P_1, P_2 \dots P_n$ = Persentase masing-masing fraksi agregat

$G_1, G_2 \dots G_n$ = Berat jenis *bulk* masing-masing fraksi agregat

2. Berat Jenis Efektif Agregat

Berat jenis efektif adalah perbandingan antara berat bahan di udara (tidak termasuk rongga yang menyerap aspal) pada satuan volume dan suhu tertentu dengan berat air destilasi dengan volume yang sama dan suhu tertentu, Berat jenis efektif agregat (G_{se}) dirumuskan :

$$G_{se} = \frac{P_{mm} - P_b}{\frac{P_{mm}}{G_{mm}} - \frac{P_b}{G_b}} \quad (2)$$

Keterangan :

G_{se} = Berat jenis efektif agregat

P_{mm} = Persentase berat total campuran (=100%)

G_{mm} = Berat jenis maksimum campuran, rongga udara 0 (Nol)

P_b = Kadar aspal berdasarkan berat jenis maksimum

G_b = Berat jenis aspal

3. Berat Jenis Maksimum Campuran

Berat jenis maksimum campuran untuk masing-masing kadar aspal dapat dihitung menggunakan berat jenis efektif (G_{se}) rata-rata sebagai berikut :

$$G_{mm} = \frac{P_{mm}}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_b}{G_b}} \quad (3)$$

Keterangan :

G_{mm} = Berat jenis maksimum campuran, rongga udara 0 (Nol)

P_{mm} = Persentase berat total campuran (= 100%)

P_b = Kadar aspal berdasarkan berat jenis maksimum

P_s = Kadar agregat persen terhadap berat total campuran

G_{se} = Berat jenis efektif agregat

G_b = Berat jenis aspal

4. Penyerapan Aspal

Penyerapan aspal dinyatakan dalam persen terhadap berat agregat total tidak terhadap campuran yang dirumuskan sebagai berikut :

$$P_{ba} = 100 \times \frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{sb} \times G_{se}} \times G_b \quad (4)$$

Keterangan :

P_{ba} = Penyerapan aspal, persen total agregat

G_{sb} = Berat jenis *bulk* agregat

G_{se} = Berat jenis efektif agregat

G_b = Berat jenis aspal

5. Kadar Aspal Efektif

Kadar efektif campuran beraspal adalah kadar aspal total dikurangi jumlah aspal yang terserap oleh partikel agregat. Kadar aspal efektif akan menyelimuti permukaan agregat bagian luar yang akhirnya menentukan kinerja perkerasan aspal. Kadar aspal efektif dirumuskan sebagai berikut :

$$P_{be} = P_b \times \frac{P_{ba}}{100} = P_s \quad \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

P_{be} = Kadar aspal efektif, persen total agregat

P_b = Kadar aspal persen terhadap berat total campuran

P_{ba} = Penyerapan aspal, persen total agregat

P_s = Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran

6. Rongga diantara Mineral Agregat (VMA)

Rongga diantara mineral agregat atau dalam bahasa inggris disebut *voids in mineral agregat* (VMA) adalah ruang diantara partikel agregat pada suatu perkerasan beraspal, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). VMA dihitung berdasarkan Berat Jenis *Bulk* Agregat dan dinyatakan sebagai persen volume *bulk* campuran yang dipadatkan. VMA dapat dihitung pula terhadap berat campuran total atau terhadap berat agregat total.

Perhitungan VMA terhadap campuran total dengan persamaan :

a. Terhadap Berat Campuran Total

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}} \quad \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan :

VMA = Rongga diantara mineral agregat, persen volume bulk

G_{sb} = Berat jenis *bulk* agregat

G_{mb} = Berat jenis *bulk* campuran padat

P_s = Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran

b. Terhadap Berat Agregat Total

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb}}{G_{sb}} \times \frac{100}{(100 + P_b)} \times 100 \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan :

VMA = Rongga diantara mineral agregat, persen volume *bulk*

G_{sb} = Berat jenis *bulk* agregat

G_{mb} = Berat jenis *bulk* campuran padat

P_b = Kadar aspal persen terhadap berat total campuran

7. Rongga di Dalam Campuran (VIM)

Rongga udara dalam campuran atau dalam bahasa inggris *void in mix* (VIM) adalah dalam campuran perkerasan beraspal terdiri atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal. Volume rongga udara dalam persen dapat ditentukan dengan rumus :

$$VIM = 100 \times \frac{G_{mm} \times G_{mb}}{G_{mm}} \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan :

VIM = Rongga udara campuran, persen total campuran

G_{mm} = Berat jenis maksimum campuran agregat rongga udara 0 (No)

G_{mb} = Berat jenis *bulk* campuran padat

8. Rongga Terisi Aspal (VFA)

Rongga terisi aspal atau dalam bahasa inggris *void filled with asphalt* (VFA) adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Untuk mendapatkan rongga terisi aspal (VFA) dapat ditentukan persamaan :

$$VFA = \frac{100(VMA - VIM)}{G_{mm}}$$

Keterangan :

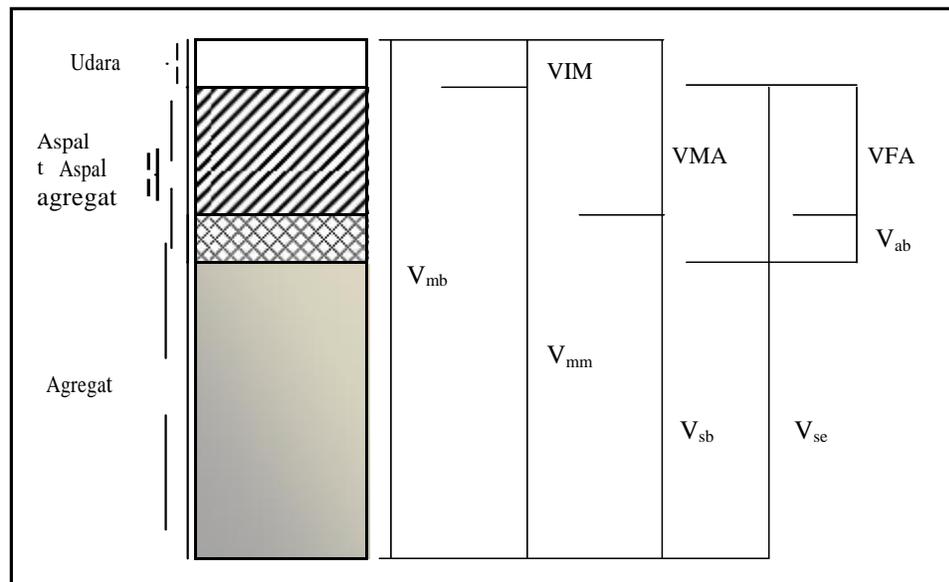
VFA (*void filled with asphalt*) = Rongga terisi aspal

VMA (*voids in mineral agregat*) = Rongga diantara mineral agregat

VIM (*void in mix*) = Rongga udara campuran, persen total campuran

G_{mm} = Berat jenis maksimum campuran rongga udara 0 (nol)

Secara skematis berbagai volume yang terdapat didalam campuran beton aspal dapat dilihat pada Gambar 2.1. dibawah :



Gambar 2.1. Skematis Berbagai Jenis Volume Beton Aspal.

Keterangan :

V_{mb} = Volume *bulk* dari campuran aspal beton padat.

V_{sb} = Volume agregat, berdasarkan berat jenis *bulk* dari agregat V_{se}

= Volume agregat, berdasarkan berat jenis efektif dari agregat VMA =

Volume pori diantara butir agregat didalam aspal beton padat. V_{mm} =

Volume tanpa pori dari aspal beton padat.

- V_a = Volume aspal dalam aspal beton padat.
- VIM = Volume pori dalam aspal beton padat
- VFA = Volume pori aspal beton yang terisi oleh aspal.
- V_{ab} = Volume aspal yang terabsorpsi kedalam agregat dari aspal beton padat.

G. Karakteristik Marshall

Konsep uji *Marshall* dalam campuran aspal dikembangkan oleh *Bruce Marshall*, seorang insinyur bahan aspal bersama-sama dengan *The Mississippi State Highway Department*. Kemudian *The U.S. Army Corp of Engineers*, melanjutkan penelitian dengan intensif dan mempelajari hal-hal yang ada kaitannya, selanjutnya meningkatkan dan menambah kelengkapan pada prosedur pengujian *Marshall* dan pada akhirnya mengembangkan kriteria rancangan campuran pengujiannya, kemudian distandarisasikan didalam *American Society for Testing and Material 1989 (ASTM d-1559)*.

Percobaan ini menggunakan benda uji standar berupa sebuah cetakan yang berdiameter 10,16 mm dan tinggi 6,35 mm. Benda uji dipadatkan dengan menggunakan alat pemadat *Marshall (Marshall Compaction Hummer)* dengan berat 4,54 kg, diameter 3.7/8 inci dan tinggi jatuh 457 mm (18 inci). Hasil uji akan menunjukkan karakteristik *Marshall* dan karakteristik akan dipengaruhi oleh sifat campuran yaitu : kepadatan, rongga diantara agregat (VMA), rongga terisi aspal (VFA), rongga dalam campuran (VIM), rongga dalam campuran pada kepadatan mutlak, stabilitas kelelahan serta hasil bagi

Marshall Quotient (MQ) merupakan hasil pembagian dari stabilitas dengan kelelehan dan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$MQ = \frac{MS}{MF} \dots \dots \dots (10)$$

Keterangan:

MQ = Marshall Quotient, (kg/mm)

MS = Marshall Stabilitiy (kg)

MF = Flow Marshall, (mm)

H. Spesifikasi Bina Marga 2010

Pada spesifikasi ini hanya Divisi 6 Perkerasan Aspal dengan sub bab pada Seksi 6.3. Campuran Aspal Panas halaman 6-27 sampai dengan 6-63. Lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran Spesifikasi Teknis Jalan Raya 2010.

I. Penelitian Terkait

Penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian ini antara lain adalah :

1. R. Antarikso Utomo, (2008) dengan judul “Studi Komparasi Pengaruh Gradasi Gabungan Di Laboratorium dan Gradasi *Hot Bin Asphalt Mixing Plant* Campuran Laston (AC-WC) Terhadap Karakteristik Uji *Marshall* “. Penelitian ini memfokuskan pada perbedaan antara gradasi gabungan di laboratorium dan gradasi *hot bin asphalt mixing plant*.
2. I Made Agus Ariawan, (2010) dengan judul penelitian “Pengaruh Gradasi Agregat Terhadap Karakteristik Campuran Laston”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai karakteristik dari variasi gradasi campuran agregat, menganalisis karakteristik campuran laston yang dihasilkan dari variasi-variasi gradasi agregat, serta untuk mengetahui

pengaruh yang diberikan dari variasi gradasi campuran agregat terhadap karakteristik laston.

3. Sri Widodo, (2006) dengan judul penelitian “Pengaruh Gradasi Agregat terhadap Workabilitas Campuran Aspal Panas”. Tujuan penelitian ini adalah untuk menguji workabilitas *Asphalt Concrete (AC)*, *Hot Rolled Sheet (HRS)* dan *Asphalt Treated Based (ATB)* dengan menggunakan alat *Marshall* dengan lima macam jenis gradasi campuran agregat.