

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Suhu /Temperatur

Aspal mempunyai kepekaan terhadap perubahan suhu/temperatur, karena aspal adalah material yang termoplastis. Aspal akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau cair bila temperatur bertambah. Setiap jenis aspal mempunyai kepekaan terhadap temperatur berbeda-beda, karena kepekaan tersebut dipengaruhi oleh komposisi kimiawi aspalnya, walaupun mungkin mempunyai nilai penetrasi atau viskositas yang sama pada temperatur tertentu. Pemeriksaan sifat kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur perlu dilakukan sehingga diperoleh informasi tentang rentang temperatur yang baik untuk pelaksanaan pekerjaan. Temperatur campuran beraspal panas merupakan satu-satunya faktor yang paling penting dalam pemadatan, karena mempengaruhi viskositas aspal yang digunakan. Menaikkan temperatur pemadatan mengakibatkan partikel agregat dalam campuran beraspal panas dapat dipadatkan lebih baik lagi. Kerapatan (*density*) pada saat pemadatan terjadi pada suhu lebih tinggi dari 275°F (135°C). Kerapatan menurun dengan cepat ketika pemadatan dilakukan pada suhu lebih rendah (Suparyanto, 2008).

Pada Tabel 1 ini memperlihatkan nilai viskositas aspal dan batasan suhu selama pencampuran, penghamparan, dan pemadatan pada proses pelaksanaan pekerjaan perkerasan jalan.

Tabel 1. Ketetapan viskositas dan temperatur aspal untuk pencampuran dan pemadatan.

No.	Prosedur Pelaksanaan	Viskositas aspal (PA.S)	Suhu Campuran (°C)
			Pen 60/70
1	Pencampuran benda uji Marshall	0,2	155 ± 1
2	Pemadatan benda uji Marshall	0,4	140 ± 1
4	Pencampuran rentang temperatur sasaran	0,2 – 0,5	145 – 155
5	Menuangkan campuran dari AMP ke dalam truk	± 0,5	135 – 150
6	Pasokan ke alat penghamparan (<i>paver</i>)	0,5 – 1,0	130 – 150
7	Penggilasan awal (roda baja)	1 – 2	125 – 145
8	Penggilasan kedua (roda karet)	2 – 20	100 – 125
9	Penggilasan akhir (roda baja)	< 20	> 95

Sumber : Dokumen Pelelangan Nasional Pekerjaan Jasa Pelaksanaan Konstruksi BAB VII Spesifikasi Umum 2010 Divisi 6 Perkerasan Aspal.

B. Lapis Aspal Beton

Lapis aspal beton adalah salah satu jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Material-material pembentuk dicampur di instalasi pencampur pada suhu tertentu, yang kemudian diangkut ke lokasi pembangunan jalan, dihamparkan, dan dipadatkan. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan. Jika digunakan semen aspal, maka suhu pencampuran umumnya

antara 145°C-155°C, sehingga disebut beton aspal campuran panas. Campuran ini dikenal pula dengan nama *hotmix* (Sukirman, 2003).

Menurut Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum, suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan. Beton aspal dengan campuran gradasi menerus memiliki komposisi dari agregat kasar, agregat halus, mineral pengisi (*filler*) dan aspal (*bitumen*) sebagai pengikat. Ciri lainnya memiliki sedikit rongga dalam struktur agregatnya, saling mengunci satu dengan yang lainnya, oleh karena itu beton aspal memiliki sifat stabilitas tinggi.

Berdasarkan fungsinya aspal beton campuran panas dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) adalah lapis permukaan (lapis aus) yang kontak langsung dengan cuaca, gaya geser, dan tekanan rodaserta memberikan lapis kedap air .
2. *Asphalt Concrete-Binder Course* (AC-BC) adalah lapis pengikat antara *Asphalt Concrete-Wearing Course* dengan *Asphalt Concrete-Base*.
3. *Asphalt Concrete-Base* (AC-Base) adalah lapis pondasi, biasanya dipergunakan pada pekerjaan peningkatan atau pemeliharaan jalan.

Ketentuan mengenai sifat-sifat dari campuran Laston (AC) dengan aspal Pen 60/70 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Ketentuan sifat – sifat campuran laston.

Sifat-sifat Campuran		LASTON					
		AC-WC		AC-BC		AC-Base	
		Halus	Kasar	Halus	Kasar	Halus	Kasar
Kadar Aspal Efektif (%)	Min.	5,1	4,3	4,3	4,0	4,0	3,5
Penyerapan Aspal (%)	Maks.	1,2					
Jumlah Tumbukan per Bidang		75				112	
Rongga dalam Campuran (%)	Min.	3,5					
	Maks.	5,0					
Rongga dalam Agregat (%)	Min.	15		14		13	
Rongga Terisi Aspal (%)	Min.	65		63		60	
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	800				1800	
Pelelehan (mm)	Min.	3,0				4,5	
Marshall Quotient (kg/mm)	Min.	250				300	
Stabilitas Marshall Sisa setelah Perendaman 24 jam , 60 C (%)	Min.	90					
Rongga dalam Campuran pada Kepadatan Membal (%)	Min.	2,5					

Sumber: Dokumen Pelelangan Nasional Pekerjaan Jasa Pelaksanaan Konstruksi BAB VII Spesifikasi Umum 2010 Devisi 6 Perkerasan Aspal.

C. Bahan Campuran Beraspal

Dalam pembuatan campuran aspal panas, terlebih dahulu agregat dan aspal yang digunakan dipanaskan. Fungsi dari pemanasan ini adalah agar memudahkan dalam pelaksanaan pencampuran. Sebagaimana kita ketahui, aspal dalam kondisi dingin memiliki sifat fisik yang relatif kaku, sehingga untuk mencairkan perlu dipanaskan terlebih dahulu pada suhu tertentu barulah dicampurkan dengan agregat. Berikut bahan penyusun konstruksi perkerasan jalan yang digunakan:

1. Agregat

Agregat adalah material berbutir keras dan kompak, yang termasuk di dalamnya antara lain kerikil alam, agregat hasil pemecahan oleh *stone crusher*, abu batu dan pasir. Agregat mempunyai peranan yang sangat penting dalam perkerasan jalan, dimana agregat menempati proporsi terbesar dalam campuran, umumnya berkisar antara 90%-95% dari berat total campuran, atau 75%-85% dari volume campuran (*The Asphalt Institute, 1983*).

Berdasarkan ukuran butiran, agregat dapat dibedakan menjadi:

a. Agregat kasar

Menurut BS, (1992) agregat kasar mempunyai peran sebagai pengembang volume mortar, menjadikan campuran lebih ekonomis, meningkatkan ketahanan mortar terhadap kelelahan (*flow*) dan meningkatkan stabilitas.

Agregat kasar yaitu agregat yang diameternya lebih besar dari 4,75 mm menurut ASTM atau lebih besar dari 2 mm menurut AASHTO. Agregat kasar adalah material yang tidak lolos pada saringan no.8 (2,36 mm) saat pengayakan.

Berikut ini adalah Tabel 3 yang berisi tentang ketentuan untuk agregat kasar.

Tabel 3. Ketentuan agregat kasar

Pengujian		Standar	Nilai
Kekekalan 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 bergradasi 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: Dokumen Pelelangan Nasional Pekerjaan Jasa Pelaksanaan Konstruksi BAB VII Spesifikasi Umum 2010 Divisi 6 Perkerasan Aspal.

b. Agregat halus

Agregat halus adalah agregat yang lolos saringan No. 8 (2.36 mm) yang terdiri dari batu pecah tersaring atau pasir alam yang bersih, keras dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan. Menurut BS, (1985) fungsinya adalah untuk mendukung stabilitas dan mengurangi deformasi permanen. Stabilitas campuran diperoleh melalui ikatan saling mengunci (*interlocking*) dan pergeseran dari partikel.

Agregat halus yaitu agregat yang ukurannya lebih kecil dari 4,75 mm menurut ASTM atau ukurannya berada di antara 0,075 mm sampai 2 mm menurut AASHTO. Agregat halus adalah material yang lolos saringan no. 8 (2,36mm) dan tertahan saringan no. 200 (0,075 mm).

Berikut ini adalah Tabel 4 yang berisi tentang ketentuan mengenai agregat halus.

Tabel 4. Ketentuan agregat halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min 50% untuk SS, HRS dan AC gradasi Halus
		Min 70% untuk AC gradasi kasar
Material Lolos Ayakan No. 200	SNI 03-4428- 1997	Maksimum 8%
Kadar Lempung	SNI 3423 : 2008	Maksimum 1%
Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	SNI 03 – 1969 -1990	Bj Bulk minimum 2,5 Penyerapan maksimum 5%

Sumber: Dokumen Pelelangan Nasional Pekerjaan Jasa Pelaksanaan Konstruksi BAB VII Spesifikasi Umum 2010 Devisi 6 Perkerasan Aspal.

c. Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi (*filler*) merupakan 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 dan dalam keadaan

kering (kadar air maks. 1%). *Filler* yang digunakan pada penelitian ini adalah *Portland Cement*. Fungsi *filler* dalam campuran adalah untuk meningkatkan stabilitas dan mengurangi rongga udara dalam campuran.

Tujuan awal *filler* adalah mengisi rongga dalam campuran VIM, tidak hanya oleh bitumen tetapi material yang lebih murah. Pada kadar aspal konstan, penambahan *filler* akan memperkecil VIM. Dalam perkembangan selanjutnya, terbukti bahwa *filler* tidak hanya mengganti fungsi bitumen mengisi rongga, tetapi juga memperkuat campuran (Edward (1988) dalam Suhendra, 2014). Untuk suatu kadar aspal yang konstan jumlah *filler* yang sedikit akan menyebabkan rendahnya koefisien marshall karena viskositas bitumen masih rendah dengan *filler* yang sedikit tersebut. Selanjutnya koefisien marshall meningkat dengan penambahan *filler* sampai nilai maksimum, kemudian menurun akibat kemampuan pemadatan campuran (tanpa menimbulkan retak).

2. Aspal

Aspal merupakan senyawa hidrokarbon. Struktur molekul aspal sangatlah kompleks yang merupakan koordinasi dari 3 (tiga) jenis struktur dasar molekul hidrokarbon, yaitu alifatik, siklis dan aromatis. Struktur alifatik berbentuk linier, ataupun tiga dimensi. Struktur molekul ini menyebabkan aspal kelihatan seperti minyak ataupun lilin (*wax*). Struktur molekul siklis adalah ikatan/rantai karbon jenuh tiga dimensi yang mampu mengikat beberapa unsur ataupun radikal. Sedangkan struktur molekul ini memberikan bau yang khas pada aspal. Ikatan kimia (*inter molecular*

bonding) pada aspal sangatlah mudah terlepas dan aspal akan mencair (Suhwadi dan Suhardjo Poertadji. (2005) *dalam* Awaludin, 2008). Pada dasarnya aspal terbuat dari suatu rantai hidrokarbon yang disebut bitumen.

Fungsi aspal adalah sebagai bahan pengikat aspal dan agregat atau antara aspal itu sendiri, juga sebagai pengisi rongga pada agregat. Jenis-jenis aspal terdiri dari:

a. Aspal keras (*Asphalt Cement*)

Aspal keras merupakan hasil penyulingan minyak bumi yang kemudian disuling sekali lagi pada suhu yang sama tetapi dengan tekanan rendah (hampa udara), sehingga dihasilkan bitumen.

b. Aspal cair (*Cut Back Asphalt*)

Aspal cair adalah aspal keras yang dicampur dengan pelarut. Jenis aspal cair tergantung dari jenis pengencer yang digunakan untuk mencampur aspal keras tersebut. Aspal cair digunakan untuk keperluan lapis resap pengikat (*prime coat*).

c. Aspal emulsi

Aspal emulsi adalah aspal cair yang lebih cair dari aspal cair pada umumnya dan mempunyai sifat dapat menembus pori-pori halus dalam batuan yang tidak dapat dilalui oleh aspal cair biasa. Aspal emulsi terdiri dari butir-butir aspal halus dalam air yang diberikan muatan listrik sehingga butir-butir aspal tersebut tidak bersatu dan tetap berada pada jarak yang sama.

Berikut ini adalah Tabel 5 yang berisi spesifikasi dari aspal keras penetrasi 60/70.

Tabel 5. Spesifikasi aspal keras pen 60/70

No.	Jenis Pengujian	Metode	Persyaratan
1	Penetrasi, 25 °C, 100 gr, 5 detik; 0,1 mm	SNI 06-2456-1991	60 – 70
2	Viskositas 135 °C	SNI 06-6441-1991	385
3	Titik Lembek; °C	SNI 06-2434-1991	≥ 48
5	Daktilitas pada 25 °C	SNI 06-2432-1991	≥ 100
6	Titik Nyala (°C)	SNI 06-2433-1991	≥ 232
7	Kelarutan dalam <i>Toluene</i> , %	ASTM D 5546	≥ 99
8	Berat Jenis	SNI 06-2441-1991	≥ 1,0
9	Berat yang Hilang, %	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8

Sumber: Dokumen Pelelangan Nasional Pekerjaan Jasa Pelaksanaan Konstruksi BAB VII Spesifikasi Umum 2010 Devisi 6 Perkerasan Aspal.

D. Karakteristik Campuran Aspal

Karakteristik campuran aspal harus dimiliki oleh aspal beton campuran panas, Beton aspal mempunyai sifat teknis yang berbeda, dilihat dari *stabilitas*, *durabilitas*, *fleksibilitas*, *workabilitas* dan *permeabilitas*. Beton aspal campuran panas diharapkan memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

1. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas adalah kemampuan campuran aspal untuk menahan deformasi permanen yang disebabkan oleh lalu lintas, baik beban yang bersifat statis maupun dinamis tanpa berubah bentuk, sehingga campuran tidak mudah aus, bergelombang, melendut, bergeser dan lain-lain.

2. Keawetan (*Durability*)

Keawetan adalah ketahanan campuran untuk mempertahankan kualitasnya dari disintegrasi atas unsur-unsur pembentuknya yang diakibatkan oleh beban lalu lintas dan pengaruh cuaca, yang dapat mengakibatkan :

- a. Perubahan pada bahan pengikat (bitumen) dan mengelupasnya selaput bitumen dari agregat dan kehancuran agregat.
- b. Faktor yang dapat mempengaruhi durabilitas adalah VIM (*Voids in Mix*) kecil sehingga lapisan menjadi kedap air dan udara tidak masuk kedalam campuran.
- c. Terjadinya oksidasi dan aspal menjadi rapuh.
- d. VMA (*Voids in Mineral Aggregate*) besar sehingga film aspal dapat dibuat tebal.
- e. Jika VMA dan VIM dibuat kecil serta kadar aspal tinggi maka kemungkinan terjadinya *bleeding* cukup besar.
- f. Untuk mengatasinya dengan VMA besar menggunakan agregat bergradasi senjang.
- g. Film aspal yang tebal dapat menghasilkan beton aspal yang berdurabilitas tinggi tetapi kemungkinan terjadinya *bleeding* menjadi besar.

3. Kelenturan (*Flexibility*)

Kelenturan adalah kemampuan campuran aspal untuk melentur mengikuti beban lalu lintas tanpa mengalami keretakan yang disebabkan oleh :

- a. Beban yang berlangsung lama yang berakibat terjadinya kelelahan pada lapis pondasi atau pada tanah dasar yang disebabkan oleh pembebanan sebelumnya.
- b. Lendutan berulang yang disebabkan oleh waktu pembebanan lalu lintas yang berlangsung singkat.
- c. Adanya perubahan volume campuran.

4. Ketahanan terhadap kelelahan (*Fatigue Resistance*)

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

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

Kekesatan/tahanan geser adalah adalah sifat kekesatan yang diberikan oleh permukaan bahan perkerasan dalam melayani arus lalu lintas yang lewattanpa terjadinya slip baik diwaktu basah maupun kering. Kekesatan dinyatakan dalam koefisien gesek antara permukaan jalan dengan roda kendaraan. Besarnya nilai koefisieng esek dipengaruhi oleh penggunaan agregat dengan permukaan kasar, kadar aspal yang tepat sehingga tidak terjadi *bleeding*, agregat berbentuk kubus, agregat kasar yang cukup.

6. Kedap air (*Impermeability*)

Kedap air adalah kemampuan untuk melindungi perkerasan dari masuknya air dan udara yang bisa memperlemah lapisan di bawahnya.

7. Kemudahan Pelaksanaan (*Workability*)

Kemudahan pelaksanaan adalah sudahnya suatu campuran aspal beton untuk dihamparkan dan dipadatkan untuk memperoleh kepadatan yang diinginkan. Kemudahan pelaksanaan menentukan tingkat efisiensi pekerjaan. Faktor kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah viskositas aspal, kepekatan aspal terhadap perubahan temperatur dan gradasi serta kondisi agregat.

Ketujuh sifat campuran aspal beton ini tidak mungkin dapat dipenuhi sekaligus oleh satu campuran. Dalam perancangan tebal perkerasan harus diperhatikan sifat-sifat aspal beton yang dominan lebih diinginkan akan menentukan jenis beton aspal yang dipilih. 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 (Leily, 2012).

E. Volumetrik Campuran Aspal Beton

Karakteristik campuran aspal beton yang dimaksud adalah volume benda uji campuran setelah dipadatkan. Dasar analisis perhitungan yang digunakan terdapat dalam metode *Marshall*. Kinerja aspal beton sangat ditentukan oleh volumetrik campuran aspal beton padat itu sendiri.

Adapun persamaan-persamaan untuk menganalisis campuran beraspal panas, adalah :

1. Berat Jenis

a. Berat Jenis Bulk Agregat (*Bulk Specific Gravity*)

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 suling serta volume yang sama pada suhu tertentu pula. Karena agregat total terdiri dari atas fraksi-fraksi agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi yang masing-masing mempunyai berat jenis yang berbeda maka berat jenis *bulk* (G_{sb}) agregat total dapat dirumuskan sebagai berikut :

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

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

b. Berat Jenis Efektif Agregat (*Effective Specific Gravity*)

Berat jenis efektif adalah perbandingan antara berat bahan diudara (tidak termasuk rongga yang menyerap aspal) pada satuan volume dan suhu tertentu dengan berat air destilasi dengan volume yang sama dan suhu tertentu pula, yang dirumuskan :

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

Keterangan :

G_{se} = Berat jenis efektif agregat

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

G_{mm} = Berat jenis maksimum campuran, rongga udara 0 (No1)

P_b = Kadar aspal berdasarkan berat jenis maksimum

G_b = Berat jenis aspal

c. Berat Jenis Maksimum Campuran

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

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

Keterangan :

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

2. Penyerapan Aspal

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

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

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

3. Kadar Aspal Efektif

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

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

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

4. Rongga di Dalam Campuran /*Void in Mix* (VIM)

Rongga di Dalam Campuran/*Void in Mix* (VIM) merupakan persentase volume rongga udara yang terdapat di dalam campuran aspal. Untuk campuran aspal *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) hanya diperbolehkan 3,3%-5.0% kandungan volume udara yang ada. (Spesifikasi Bina Marga 2010, tabel 6.3.3.(1c)).

Volume rongga udara dalam persen dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut.

$$Va = 100 \times \frac{G_{mm} \times G_{mb}}{G_{mm}} \dots \dots \dots (6)$$

Keterangan :

Va = Rongga udara campuran, persen total campuran

G_{mm} = Berat jenis maksimum campuran agregat rongga udara 0 (No1)

G_{mb} = Berat jenis bulk campuran padat

5. Rongga di Antara Mineral Agregat/*Voids in Mineral Agregat (VMA)*

Rongga diantara mineral agregat/*Voids in Mineral Agregat(VMA)* adalah persentase ruang diantara partikel agregat pada campuran perkerasan beraspal, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif. Untuk campuran aspal *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)* hanya diperbolehkan 14% kandungan volume udara yang ada. (Spesifikasi Bina Marga 2010, tabel 6.3.3.(1c)).

Perhitungan VMA terhadap campuran total dengan persamaan :

a. Terhadap Berat Campuran Total

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

Keterangan :

VMA = Rongga diantara mineral agregat, persen volume bulk

G_{sb} = Berat jenis bulk agregat

G_{mb} = Berat jenis bulk campuran padat

P_s = Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran

b. Terhadap Berat Agregat Total

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb}}{G_{sb}} \times \frac{100}{(100 + P_b)} \times 100 \dots \dots \dots (8)$$

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

6. Rongga Terisi Aspal/*Void Filled with Asphalt* (VFA)

Rongga terisi aspal/*Void Filled with Asphalt* (VFA) adalah persentase rongga yang terdapat diantara partikel agregat yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Untuk campuran aspal *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) hanya diperbolehkan 63% kandungan volume udara yang ada (Spesifikasi Bina Marga, 2010).

Untuk mendapatkan rongga terisi aspal (VFA) dapat ditentukan dengan persamaan :

$$VFA = \frac{100 (VMA - V_a)}{G_{mm}} \dots \dots \dots (9)$$

Keterangan :

VFA = Rongga terisi aspal, persen VIM

VMA = Rongga diantara mineral agregat, persen volume bulk

V_a = Rongga udara campuran, persen total campuran

F. Kadar Aspal Rencana

Perkiraan awal kadar aspal optimum dapat direncanakan setelah dilakukan pemilihan dan pengabungan pada tiga fraksi agregat. Sedangkan perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$P_b = 0,035(\%CA) + 0,045(\%FA) + 0,18(\%FF) + K \dots\dots\dots(10)$$

Keterangan:

- P_b = Perkiraan kadar aspal optimum.
- CA = Nilai presentase agregat kasar.
- FA = Nilai presentase agregat halus.
- FF = Nilai presentase *Filler*.
- K = konstanta (kira-kira 0,5 - 1,0).

Hasil perhitungan P_b dibulatkan ke 0,5% ke atas terdekat (Leily, 2012).

G. Metode *Marshall*

Metode pengujian *Marshall* merupakan metode yang paling umum dipergunakan dan distandarisasikan dalam *American Society for Testing and Material 1993 (ASTM D, 1997)*. Dalam metode tersebut terdapat 3 parameter penting dalam pengujian tersebut, yaitu beban maksimum yang dapat dipikul benda uji sebelum hancur atau sering disebut dengan *Marshall Stability* dan defomasi permanen dari benda uji sebelum hancur yang disebut dengan *Marshall Flow* serta turunan yang merupakan perbandingan antara keduanya (*Marshall Stability dengan Marshall Flow*) yang disebut dengan *Marshall Quotient (MQ)*. *MQ* merupakan nilai kekakuan berkembang (*Speedo*

Stiffness), yang menunjukkan ketahanan campuran beton aspal terhadap deformasi tetap (Shell, 1990).

1. Uji *Marshall*

Kinerja campuran aspal beton dapat diperiksa dengan menggunakan alat pemeriksaan *Marshall* yang pertama kali diperkenalkan oleh Bruce Marshall yang dikembangkan selanjutnya oleh *U.S. Corps of Engineer*. Uji ini untuk menentukan ketahanan (*stability*) terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari campuran aspal dan agregat.

Alat *Marshall* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan cincin pengujian (*proving ring*) berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs). *Proving ring* dilengkapi dengan arloji pengukur yang berguna untuk mengukur stabilitas campuran. Arloji kelelahan (*flow meter*) untuk mengukur kelelahan plastis (*flow*). Benda uji *marshall standart* berbentuk silinder berdiameter 4 inchi (10,16 cm) dan tinggi 2,5 inchi (6,35 cm).

2. Parameter Pengujian *Marshall*

Sifat-sifat campuran beraspal dapat dilihat dari parameter-parameter pengujian marshall antara lain :

a. Stabilitas *Marshall* (*Stability*)

Pengukuran stabilitas dengan *test Marshall* diperlukan untuk mengetahui kekuatan tekan geser dari contoh/sampel yang ditahan dua sisi kepala penekan (porsi tahanan kohesi lebih dominan dari porsi tahanan penguncian butir) dengan nilai stabilitas yang cukup tinggi

diharapkan perkerasan dapat menahan lalu lintas tanpa terjadi kehancuran geser.

b. Kelelehan (*Flow*)

Parameter *flow* diperlukan untuk mengetahui deformasi vertikal campuran saat dibebani hingga hancur (pada stabilitas maksimum). *Flow* akan meningkat seiring dengan meningkatnya kadar aspal. Campuran berkadar aspal rendah lebih tahan terhadap *deformasi* jika ditempatkan di as jalan, sedangkan campuran berkadar aspal tinggi akan lebih kuat menahan *deformasi* jika ditempatkan di bagian tepi perkerasan (tanpa tahanan samping). Nilai kelelehan (*flow*) diperoleh dengan pembacaan langsung pada alat uji dengan pembacaan jarum dial pada saat *Marshall Test*.

c. Hasil Bagi Marshall (*Marshall Quotient*)

Hasil Bagi Marshall (*Marshall Quotient*) merupakan hasil pembagian dari stabilitas dengan kelelehan (*flow*). Semakin tinggi MQ, maka akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan campuran tersebut terhadap keretakan. Berikut ini persamaan untuk nilai MQ:

$$MQ = \frac{S}{F} \dots\dots\dots(11)$$

Keterangan:

MQ = *Marshall Quotient*(kg/mm)

S = nilai stabilitas terkoreksi (kg)

F = nilai flow (mm)

Parameter ini diperlukan untuk dapat mengetahui tingkat kekakuan (*stiffness*) campuran. Pada lapisan *overlay* tebal lebih besar dari 5 cm, maka kekakuan yang tinggi dapat menahan *deformasi* dan mendistribusikan beban lalu lintas ke daerah yang lebih luas pada tanah dasar, sedangkan pada pelapisan yang tipis (<5 cm), maka nilai kekakuan perlu dibatasi agar lapisan tambahan tersebut tidak mudah retak.

d. Rongga Terisi Aspal / *Void Filled with Asphalt* (VFA)

Parameter VFA diperlukan untuk mengetahui apakah perkerasan memiliki keawetan (*durability*) dan tahan air (*impermeability*) yang cukup memadai.

e. Rongga diantara Mineral Agregat/*Void in Mineral Agregat* (VMA)

Void Mineral Agregat atau rongga pada campuran agregat adalah rongga antar butiran agregat, terdiri dari rongga udara serta aspal efektif yang dinyatakan dalam prosentase volume total campuran. Bila rongga udara serta kadar aspal telah diketahui, maka hanya tingkat absorpsi agregat yang belum terungkap. Dengan pertimbangan bahwa penilaian agregat sudah dilakukan pada tahap perencanaan, maka parameter VMA dapat dianggap tidak diperlukan lagi.

f. Rongga di Dalam Campuran /*Void in Mix* (VIM)

Void in Mix atau disebut juga rongga dalam campuran digunakan untuk mengetahui besarnya rongga campuran, sedemikian sehingga rongga tidak terlalu kecil (menimbulkan *bleeding*) atau terlalu besar

(menimbulkan oksidasi aspal dengan masuknya udara dan sinar ultra violet).

H. Penelitian Terdahulu

Penelitian-penelitian tentang pengaruh variasi temperatur pada proses pencampuran terhadap campuran aspal panas (*asphalt hotmix*) yang pernah dilakukan oleh beberapa peneliti dan dapat dijadikan acuan atau literatur untuk penyusunan skripsi/penelitian ini di antaranya:

1. Susilo, J. 2010. Pada Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Universitas Riau dengan judul "*Pengaruh Variasi Suhu Pencampuran dan Pematatan Campuran Beraspal Panas Menggunakan Aspal Retona Blend 5*". Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Riau, dengan dasar menggunakan metode pengujian yang mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010. Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan cara mengidentifikasi semua permasalahan dan hasilnya berdasarkan fakta dan data yang diperoleh dari hasil pengujian yang ada serta berdasarkan studi pustaka dan data pendukung lainnya.

Variasi kadar aspal yang akan digunakan adalah sebanyak 5 (lima) buah variasi kadar aspal dengan rentang per variasi adalah 0,5%, dimana kadar aspal awal digunakan sebagai titik tengah, sehingga variasi kadar aspal yang akan digunakan adalah 4,5%; 5%; 5,5%; 6% dan 6,5%. Variasi suhu yang akan digunakan berpatokan pada variasi suhu pencampuran

dan pemadatan campuran beraspal yang diperoleh dari uji viskositas. Pengujian viskositas aspal Retona Blend 55 diperoleh suhu pencampuran dari nilai viskositas 170 Cst sebesar 170°C sedangkan untuk suhu pemadatan dari nilai viskositas 280 Cst sebesar 156°C. Toleransi suhu pencampuran dan pemadatan sebesar $\pm 5^\circ\text{C}$.

2. M. Zainul Arifin, Achmad Wicaksono dan Ken Pawestri. 2008. Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang dengan judul “*Pengaruh Penurunan Suhu (Dengan dan Tanpa Pemanasan) terhadap Parameter Marshall Campuran Aspal Beton* “. Penelitian ini mengambil variasi suhu awal dari 50°C sampai 100°C dengan interval 10°C. Dalam rentang suhu tersebut akan diperoleh suhu optimum. Variasi penurunan suhu yang dilakukan adalah 50°C, 60°C, 70°C, 80°C, 90°C, 100°C, dan 110°C. Penentuan variasi penurunan suhu yang paling rendah adalah 50°C. Sedangkan variasi suhu tertinggi diambil 110°C, hal ini berdasarkan dari SKBI-2.4.26.1987 bahwa pemadatan dilakukan pada saat suhu campuran minimum 110°C. Penurunan suhu tanpa pemanasan ulang, masing-masing campuran didiamkan sampai suhu 50°C, 60°C, 70°C, 80°C, 90°C, 100°C, 110°C lalu masing-masing campuran tersebut dipadatkan. Untuk campuran beraspal yang mengalami penurunan suhu dengan pemanasan ulang, masing-masing campuran didiamkan sampai suhu 50°C, 60°C, 70°C, 80°C, 90°C, 100°C lalu masing-masing campuran tersebut dipanaskan lagi sampai suhu pemadatan minimum yaitu 110°C. Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan penelitian dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- a. Campuran LASTON dengan kadar aspal 6% yang mengalami penurunan suhu lalu dipanaskan ulang akan menghasilkan suhu optimum yang berbeda bila dibandingkan dengan campuran yang tidak dipanaskan ulang. Suhu optimum untuk campuran yang tidak dipanaskan ulang adalah $104,81^{\circ}\text{C}$ sedangkan untuk campuran yang dipanaskan ulang sampai suhu 110°C adalah 75°C . Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan pemanasan ulang sangat berpengaruh karena campuran beraspal yang telah mencapai suhu rendah membutuhkan banyak aspal untuk mencapai ikatan agregat yang optimal.
- b. Campuran yang tidak dipanaskan ulang nilai VIM nya tidak ada yang memenuhi spesifikasi SNI, sedangkan nilai stabilitas yang memenuhi spesifikasi adalah yang berada di atas suhu $99,515^{\circ}\text{C}$ dan untuk nilai MQ yang memenuhi adalah yang diatas $99,62^{\circ}\text{C}$. Untuk nilai VMA, dan kelelahan (*flow*) semuanya memenuhi spesifikasi. Sedangkan untuk campuran dengan pemanasan ulang, nilai stabilitas, VMA, dan kelelahan (*flow*) semuanya memenuhi spesifikasi. Sedangkan untuk Nilai VIM dan MQ tidak ada yang masuk dalam spesifikasi.