

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Pemasatan

Pemasatan adalah proses yang mana partikel-partikel solid dirapatkan secara mekanis sehingga volume rongga dalam campuran mengecil dan kepadatan campuran meningkat dan mengatur distribusi partikel agregat dalam campuran sehingga menghasilkan konfigurasi agregat optimum dalam mencapai kepadatan yang ditargetkan dan metode Marshall adalah metode digunakan untuk menguji parameter yang diperlukan.

Pada perencanaan dengan metode Marshall, campuran dengan kadar aspal bervariasi dipadatkan dalam suatu cetakan dengan palu standar berat 4,54 kg dan tinggi jatuh 457 mm. Pada perencanaan Marshall konvensional, yang menggunakan agregat berukuran maksimum 25,4 mm, maka jumlah tumbukan 2 x 50 disyaratkan untuk Latasir, namun untuk campuran lainnya diharuskan dengan 2 x 75 tumbukan. Untuk agregat berukuran maksimum lebih dari 25,4 mm digunakan peralatan Marshall modifikasi dengan cetakan berdiameter 152,4mm, berat palu penumbuk 10,2 kg dan jumlah tumbukan 2 x 112. Untuk kondisi lalu lintas berat perencanaan metoda *Marshall* menetapkan pemasatan benda uji sebanyak 2 x 75 tumbukan dengan batas rongga campuran (VIM) antara 3,5% sampai 5%, hasil pengujian

pengendalian mutu menunjukkan bahwa kesesuaian parameter kontrol dilapangan sering kali tidak memenuhi untuk mencapai persyaratan dan spesifikasi. oleh karena itu perlu dilakukan analisa lebih lanjut terhadap metoda tes *Marshall* dengan tumbukan 2x75 untuk melihat kesesuaian jumlah tumbukan yang paling efektif untuk memenuhi karakteristik marshall.

## **B. Pengaruh Pemadatan Terhadap Campuran Aspal**

Dalam pelaksanaan pekerjaan perkerasan jalan raya jumlah tumbukan dan pemadatan aspal sangat berpengaruh terhadap karakteristik lapisan aspal. Campuran beraspal panas untuk perkerasan lentur di rancang menggunakan metode Marshall. Pemadatan mempengaruhi kekuatan campuran aspal terutama dari nilai-nilai parameter *marshall* terutama stabilitas dan kadar plastis atau elastisnya suatu campuran, kedua parameter tersebut berpengaruh besar terhadap kekuatan dan keawetan suatu campuran aspal.

Stabilitas adalah maksimum beban yang dapat ditahan oleh campuran beraspal sampai terjadi runtuh tanpa terjadi perubahan bentuk. Pengaruh pemadatan terhadap stabilitas dapat terlihat dimana semakin besar jumlah tumbukan yang diberikan maka semakin besar stabilitas yang terjadi hingga titik maksimal kemudian stabilitas turun. Hal ini disebabkan oleh peningkatan jumlah tumbukan yang mengakibatkan gesekan antar butir agregat (*interlocking*) dan rongga dalam campuran mengecil sehingga campuran menjadi padat dan nilai stabilitas meningkat hingga titik maksimum dan stabilitas turun ketika pemadatan berlebih sehingga gesekan antar agregat membuat agregat hancur.

Indeks plastisitas suatu campuran dipengaruhi salah satunya oleh jumlah tumbukan hal ini dikarenakan peningkatan jumlah tumbukan akan membuat kerapatan antar agregat dan aspal menjadi lebih rapat sehingga campuran menjadi lebih padat dan campuran akan cenderung bersifat plastis ketika jumlah tumbukan ditingkatkan.

### **C. Struktur Perkerasan Lentur Jalan Raya**

Struktur perkerasan jalan terdiri atas tiga lapisan elemen perkerasan yang bekerja bersama-sama menahan beban lalu lintas. Struktur perkerasan jalan adalah campuran untuk perkerasan yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi (*filler*) dan aspal dengan proporsi tertentu. Masing-masing elemen lapis perkerasan memiliki fungsi dan peranan sebagai berikut yaitu :

1. Lapis pondasi bawah (*Sub-Base Course*)

Yaitu lapis perkerasan yang terletak diantara lapisan tanah dasar dan lapisan pondasi atas yang berfungsi sebagai pondasi utama yang bertugas menahan gaya lintang akibat beban roda kemudian menyebarkan tegangan yang terjadi ke tanah dasar.

2. Lapisan pondasi atas (*Base Course*)

Fungsi secara struktural yaitu sebagai bagian dari lapis perkerasan jalan yang umumnya bersifat tahan beban dan mampu menyebarkan beban roda kendaraan ke lapisan di bawahnya.

### 3. Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

adalah lapisan yang mengalami kontak langsung dengan beban dan lingkungan sekitar. Lapisan permukaan berada pada bagian paling atas lapis perkerasan dan memiliki fungsi sebagai berikut :

- a. Lapis kedap air , sehingga air yang berada di atasnya tidak meresap kedalam Struktur lapisan dibawahnya sehingga tidak memperlemah lapisan struktur pondasi yang berada di bawah lapisan permukaan.
- b. Lapis Aus, yaitu lapisan yang langsung menerima gesekan roda kendaraan sehingga faktor kenyamanan saat dilalui kendaraan sangat diperhatikan.

Ketentuan sifat – sifat aspal beton yang menjadi acuan dalam penelitian ini dikeluarkan oleh Dinas Bina Marga dalam Dokumen pelelangan nasional pekerjaan jasa pelaksanaan konstruksi, yang dapat dilihat pada Tabel 1. Berikut:

Tabel 1. Ketentuan Sifat – Sifat Campuran Laston (AC)

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 Divisi 6 Tabel 6.3.3.(1c)

## D. Material Konstruksi Perkerasan

Dalam pelaksanaan konstruksi perkerasan lapis aspal beton terdiri dari tiga komposisi utama yaitu, agregat yang terdiri dari agregat kasar dan agregat halus, *filler* dan bahan ikat berupa aspal.

### 1. Agregat

Agregat adalah Material perkerasan yang berbentuk butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya berupa hasil alam atau buatan. Kadar agregat dalam campuran perkerasan jalan berkisar antara 90 – 95% dari berat total atau berkisar antara 75 – 95% dari volume total. Fungsi dari agregat dalam campuran aspal adalah sebagai kerangka yang memberikan stabilitas campuran jika dilakukan dengan alat pemadat yang tepat.

Dapat atau tidaknya suatu agregat digunakan pada konstruksi perkerasan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu gradasi, kekuatan, bentuk butir, tekstur permukaan, kelekatan terhadap aspal serta kebersihan dan sifat kimia. Jenis dan campuran agregat sangat mempengaruhi daya tahan atau stabilitas suatu perkerasan jalan.

Berdasarkan ukuran butiran, agregat dapat dibedakan menjadi:

#### a. Agregat kasar

Agregat kasar terdiri dari batu pecah dan kerikil-kerikil. Batu pecah diperoleh dari pemecah batu, sedangkan kerikil merupakan disintegrasi dari batuan. Perbedaan mendasar antara kerikil (koral) dengan batu

pecah (split) adalah dengan permukaan yang lebih kasar maka batu pecah lebih menjamin ikatan yang lebih kokoh dengan semen.

Sama halnya dengan agregat halus, agregat kasar harus memenuhi beberapa syarat, yaitu terdiri dari butir yang keras dan tidak berpori. Agregat jenis ini juga tidak boleh banyak mengandung lumpur dan kekerasan juga merupakan salah satu syaratnya. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya untuk memperoleh rongga-rongga seminimum mungkin. Pemakaian ukuran butiran ini juga tergantung dari dimensi penggunaan beton yang akan dibuat.

Untuk memisahkan agregat kasar dengan agregat halus dipakai saringan No.4. Material yang tertahan pada saringan tersebut merupakan agregat kasar. Ini dilakukan dengan menggunakan satu set saringan yang digerakkan oleh motor (Sieve Shaker). Setelah perhitungan dilakukan maka dapat dibuat kurva distribusi ukuran atau kurva gradasi agregat halus (pasir).

Agregat kasar yaitu agregat yang diameternya lebih besar dari 4,75 mm menurut ASTM atau lebih besar dari 2 mm menurut AASHTO. Berikut ini adalah Tabel 2 yang berisi tentang ketentuan untuk agregat kasar

Tabel 2. Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat		SNI 3407:2008	Maks. 30%
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC bergradasi	SNI 2417:2008	Maks. 30%
	Kasar		Maks. 40%
	Semua jenis campuran		
	aspal bergradasi lainnya		
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 03-2439-1991	Min. 95%
Partikel Pipih dan Lonjong		ASTM D4791	Maks. 10%
Material lolos Ayakan No.200		SNI 03-4142-1996	Maks. 1%
Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar		SNI 03 – 1969 - 1990	Bj Bulk > 2.5 Penyerapan < 3%
Aggregate Impact Value (AIV)		BS 812: bag. 3:1975	Maks. 30%
Aggregate Crushing Value (ACV)		BS 812: bag. 3:1975	Maks. 30%

Sumber: Dokumen Pelelangan Nasional Pekerjaan jasa pelaksanaan konstruksi BAB VII ,Spesifikasi Umum 2010 Divisi 6 Tabel 6.3.2.(1a)

#### b. Agregat Halus

Agregat yang secara umum mempunyai ukuran antara 0,234 - 0,075 mm. Untuk agregat halus Campuran Aspal Panas juga mempunyai spesifikasi umum yang dapat digunakan untuk Aspal Beton, Hot Rolled Sheet dan Split Mastik Asphalt. Agregat Halus terdiri dari bahan-bahan yang berbidang kasar , bersudut tajam dan bersih dari kotoran-kotoran atau bahan-bahan lain yang tidak dikehendaki. Agregat bergradasi halus adalah agregat yang mempunyai butir yang berukuran dari yang kasar sampai yang halus tetapi agregat halusnya dominan. 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). Agregat dapat meningkatkan stabilitas campuran dengan ikatan yang baik terhadap campuran aspal. Bahan ini dapat terdiri dari butir-butiran batu pecah atau pasir alam atau campuran dari keduanya. Berikut ini adalah Tabel 3 yang berisi tentang ketentuan mengenai agregat halus.

Tabel 3. Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min 50% untuk SS, HRS dan AC bergradasi Halus
		Min 70% untuk AC bergradasi kasar
Material Lolos Ayakan No. 200	SNI 03-4428-1997	Maks. 8%
Kadar Lempung	SNI 3423 : 2008	Maks 1%
Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	SNI 03 – 1969 -1990	Bj Bulk > 2.5 Penyerapan < 5%

*Sumber: Dokumen Pelelangan Nasional Pekerjaan jasa pelaksanaan konstruksi BAB VII ,Spesifikasi Umum 2010 Divisi 6 Tabel 6.3.2.(2a)*

c. Bahan Pengisi (*Filler*)

Filler ialah bahan pengisi rongga dalam campuran (*void in mix*) yang berbutir halus yang lolos saringan No. 30 dimana persentase berat yang lolos saringan No. 200 minimum 65% (SKBI-2.4.26.1987). Sebagai *filler* dapat dipergunakan debu batu kapur, debu dolomits atau semen portland. Fungsi *filler* pada perkerasan ialah untuk meningkatkan stabilitas dan mengurangi rongga udara dalam campuran. Bahan

pengisi (*filler*) merupakan bahan yang 75% lolos ayakan no. 200, dapat terdiri dari abu batu, abu batu kapur, kapur padam, semen (PC) atau bahan non plastis lainnya. Bahan pengisi harus kering dan bebas dari bahan lain yang mengganggu. *Filler* yang digunakan pada penelitian ini adalah *Portland cement*.

## 2. Aspal

Aspal adalah material utama pada konstruksi lapis permukaan lentur (*Flexible pavement*) jalan raya, yang berfungsi sebagai bahan pengikat karena mempunyai daya lekat yang kuat, mempunyai sifat adhesif, kedap air dan mudah dikerjakan. Aspal merupakan senyawa hidrokarbon berwarna coklat gelap atau hitam pekat yang dibentuk dari unsur-unsur *asphathenes*, *resins*, dan *oils*. Aspal pada lapis perkerasan berfungsi sebagai bahan ikat antara agregat untuk membentuk suatu campuran yang kompak, sehingga akan memberikan kekuatan masing-masing agregat. Jika temperatur mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (sifat termoplastis). Sebagai salah satu material konstruksi perkerasan lentur, aspal merupakan salah satu komponen kecil umumnya hanya 4 - 10 % berdasarkan berat atau 10 - 15 % berdasarkan volume. Jenis-jenis aspal buatan hasil penyulingan minyak bumi terdiri dari:

### a. Aspal keras (*Asphalt Cement*)

Aspal Keras/ Aspal Panas/ Aspal Semen (*Asphalt Cement*), merupakan aspal yang digunakan dalam keadaan panas. Aspal ini berbentuk padat pada keadaan penyimpanan dalam temperatur ruang (250-300C).

Merupakan jenis aspal buatan yang langsung diperoleh dari penyaringan minyak dan merupakan aspal yang terkeras. Berdasarkan tingkat kekerasan/kekentalannya, maka aspal dibedakan menjadi :

- 1) AC 40-50
- 2) AC 60-70
- 3) AC 85-100
- 4) AC 120-150
- 5) AC 200-300

Angka-angka tersebut menunjukkan kekerasan aspal, yaitu yang paling keras adalah AC 40-50 dan yang terlunak adalah AC 200-300. Angka kekerasan adalah berapa dalam masuknya jarum penetrasi ke dalam contoh aspal. Aspal dengan penetrasi rendah digunakan di daerah bercuaca panas atau lalu lintas dengan volume tinggi, sedangkan aspal dengan penetrasi tinggi digunakan untuk daerah bercuaca dingin atau lalu lintas dengan volume rendah. Di Indonesia pada umumnya dipergunakan aspal dengan penetrasi 60-70 dan 80-100.

b. Aspal cair (*Cut Back Asphalt*)

Aspal cair adalah Aspal cair adalah aspal keras yang dicampur dengan pelarut. Jenis aspal cair tergantung dari jenis pengencer yang digunakan untuk mencampur aspal keras tersebut. campuran antara aspal semen dengan bahan pencair dari hasil penyulingan minyak bumi. Aspal cair bukan merupakan produksi langsung dari penyaringan minyak kasar (*crude oil*), melainkan produksi tambahan, karena harus melalui proses lanjutan terlebih dahulu. Dengan demikian *cut back asphalt* berbentuk cair

dalam temperatur ruang. Aspal cair digunakan untuk keperluan lapis resap pengikat (prime coat).

c. Aspal emulsi

Aspal emulsi merupakan 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 4 yang berisi spesifikasi dari aspal keras penetrasi 60/70.

Tabel 4. Ketentuan untuk Aspal Keras

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 dlm <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 Divisi 6 Tabel 6.3.2.5

### E. Gradasi Agregat

Gradasi agregat merupakan campuran dari berbagai diameter butiran agregat yang membentuk susunan campuran tertentu, ditentukan melalui analisis saringan butiran (*grain size analysis*) dengan menggunakan 1 set saringan dimana saringan paling kasar diletakkan paling atas dan saringan paling halus

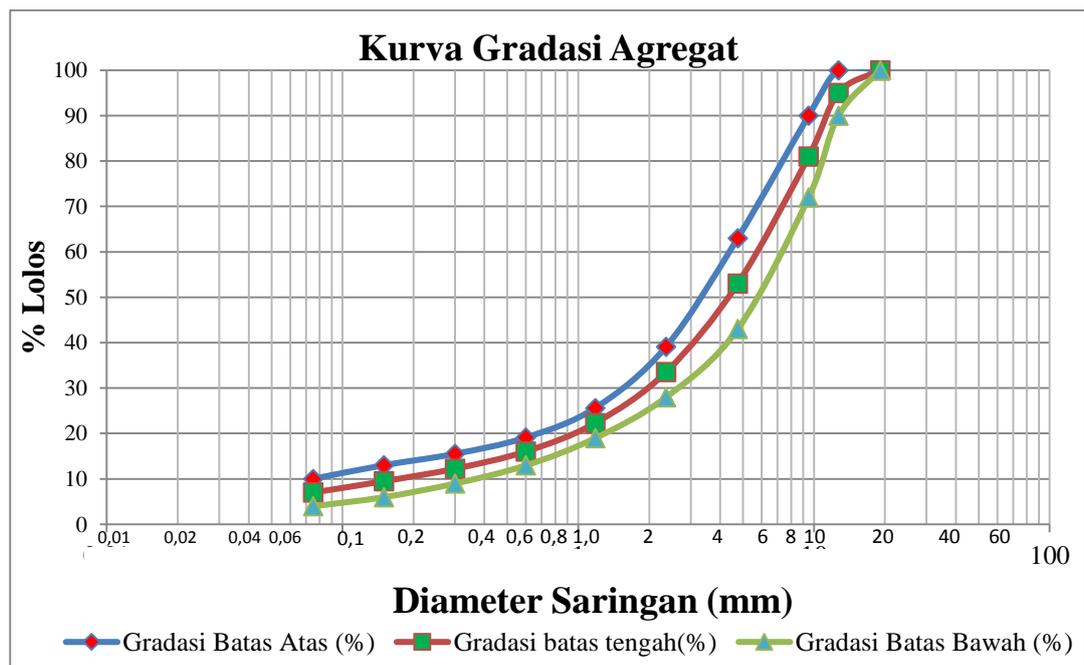
diletakkan paling bawah, dimulai dengan pan dan diakhiri dengan tutup. Tabel Gradasi agregat pada spesifikasi teknis Bina Marga 2010 dapat dilihat pada Tabel 5. Berikut ini.

Tabel 5. Gradasi Agregat AC-WC.

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos Gradasi Halus			
(inchi)	(mm)	AC-WC	% Lolos Batas Bawah	% Lolos Batas Tengah	% Lolos Batas Atas
1 1/2"	37.5	-	-	-	-
1"	25	-	-	-	-
3/4"	19	100	100	100	100
1/2"	12.5	90 – 100	90	95	100
3/8"	9.5	72 – 90	72	81	90
No.4	4.75	54– 69	54	61,5	69
No.8	2.36	39,1 - 53	39.1	46,05	53
No.16	1.18	31,6 – 40	31,6	35,8	40
No.30	0.6	23,1 - 30	23,1	26,55	30
No.50	0.3	15,5 - 22	15,5	18,75	22
No.100	0.15	9 – 15	9	12	15
No.200	0.075	4 – 10	4	7	10

Dari tabel gradasi agregat untuk melihat perbandingan antara gradasi AC-WC batas tengah dan batas atas dapat dilihat pada Gambar 1. Berikut ini :

Gambar 1. Grafik Gradasi Agregat AC-WC



## F. Analisa Karakteristik Marshall

Setelah pengujian *Marshall* dilanjutkan dengan analisa data yang diperoleh. Analisa yang dilakukan adalah untuk mendapatkan nilai-nilai *Marshall* yang digunakan untuk mengetahui karakteristik campuran benda uji. Data yang diperoleh dari penelitian laboratorium adalah sebagai berikut :

- a. Berat kering/sebelum direndam (gram).
- b. Berat dalam keadaan SSD/jenuh (gram).
- c. Berat dalam air (gram).
- d. Pembacaan arloji stabilitas (lbs).
- e. Pembacaan arloji *flow* (mm).

Karakteristik campuran aspal beton yang dimaksud adalah volume benda uji campuran setelah dipadatkan. Komponen campuran aspal secara volumetrik yaitu volume rongga diantara mineral agregat, Volume bulk campuran padat, Volume campuran padat tanpa rongga, Volume rongga terisi aspal, Volume rongga dalam campuran, dan Volume aspal yang diserap agregat. Perhitungan volume campuran beraspal dapat dihitung dengan menggunakan persamaan-persamaan sebagai berikut :

### 1. Berat Jenis

#### a. Berat Jenis Maksimum Campuran

Dalam merencanakan campuran beraspal dimana berat jenis agregat diketahui, maka berat jenis maksimum campuran (G<sub>mm</sub>) pada masing-masing kadar aspal diperlukan untuk menghitung kadar rongga masing-masing kadar aspal. Ketelitian hasil uji terbaik adalah bila kadar aspal

campuran mendekati kadar aspal optimum. Demikian pula akan lebih baik dilakukan pengujian berat jenis maksimum dengan benda uji sebanyak dua buah atau tiga buah. Berat jenis maksimum campuran ( $G_{mm}$ ) untuk masing-masing kadar aspal dapat dihitung dengan menggunakan berat jenis efektif ( $G_{se}$ ) rata-rata sebagai berikut :

$$G_{mm} = \frac{P_{mm}}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_b}{G_b}} \dots \dots \dots (1)$$

b. Berat Jenis Kering (*Bulk Specific Gravity*)

Agregat terdiri dari fraksi-fraksi : agregat kasar, agregat halus dan *filler*, dimana masing-masing mempunyai berat jenis yang berbeda satu sama lainnya, sehingga berat jenis kering (*bulk specific gravity*) dari total agregat dapat dihitung .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. Berat jenis bulk ( $G_{sb}$ ) agregat total dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$G_{sb} = \frac{P_1 + P_2 + \dots \dots \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \dots \dots \dots + \frac{P_n}{G_n}} \dots \dots \dots (2)$$

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

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 pula. Berat jenis maksimum campuran ( $G_{mm}$ ) diukur

dengan *AASHTO* T-209-90, maka berat jenis efektif campuran ( $G_{se}$ ) termasuk rongga dalam partikel agregat yang menyerap aspal dapat ditentukan dengan rumus Persamaan:

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

## 2. Kadar Aspal Efektif

Nilai kadar aspal efektif campuran beraspal yaitu penyerapan aspal oleh partikel agregat. Nilai penyerapan digunakan untuk menghitung 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 :

$$P_{be} = P_b \times \frac{ba}{100} \times P_s \dots \dots \dots (4)$$

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

*Void in Mix* (VIM) merupakan persentase rongga yang terdapat dalam total campuran. Nilai VIM berpengaruh terhadap keawetan lapis perkerasan, semakin tinggi nilai VIM menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat porous. Hal ini mengakibatkan campuran menjadi kurang rapat sehingga air dan udara mudah memasuki rongga-rongga dalam campuran yang menyebabkan aspal mudah teroksidasi sehingga menyebabkan lekatan antar butiran agregat berkurang sehingga terjadi pelepasan butiran (*revelling*) dan pengelupasan permukaan (*stripping*) pada lapis perkerasan.

Nilai *VIM* yang terlalu rendah akan menyebabkan *bleeding* karena suhu yang tinggi, maka viskositas aspal menurun sesuai sifat termoplastisnya. Pada saat itu apabila lapis perkerasan menerima beban lalu lintas maka aspal akan terdesak keluar permukaan karena tidak cukupnya rongga bagi aspal untuk melakukan penetrasi dalam lapis perkerasan. Nilai *VIM* yang lebih dari ketentuan akan mengakibatkan berkurangnya keawetan lapis perkerasan, karena rongga yang terlalu besar akan mudah terjadi oksidasi. Untuk campuran aspal *Asphalt Concrete-Binder Course (AC-WC)* hanya diperbolehkan 3,3%-5,0% kandungan volume udara yang ada. (Spesifikasi Bina Marga 2010).

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

$$Va = 100 \times \frac{G_{mm} \times G_{mb}}{G_{mm}} \dots \dots \dots (5)$$

#### 4. *Voids in Mineral Agregat (VMA)*

*Void in Mineral Aggregate (VMA)* adalah rongga udara antar butir agregat aspal padat, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif yang dinyatakan dalam persen terhadap total volume. Kuantitas rongga udara berpengaruh terhadap kinerja suatu campuran karena jika *VMA* terlalu kecil maka campuran bisa mengalami masalah durabilitas dan jika *VMA* terlalu besar maka campuran bisa memperlihatkan masalah stabilitas dan tidak ekonomis untuk diproduksi. Nilai *VMA* dipengaruhi oleh faktor pemadatan, yaitu jumlah dan temperatur pemadatan, gradasi agregat dan

kadar aspal. Nilai *VMA* ini berpengaruh pada sifat kekedapan campuran terhadap air dan udara serta sifat elastis campuran. Dapat juga dikatakan bahwa nilai *VMA* menentukan stabilitas, fleksibilitas dan durabilitas. Nilai *VMA* yang disyaratkan adalah minimum 15%. Untuk campuran aspal *Asphalt Concrete-Binder Course (AC-WC)* nilai kandungan volume udara yang ada hanya diperbolehkan 14%. (Spesifikasi Bina Marga 2010)

*VMA* dihitung dengan menggunakan persamaan :

- a. Terhadap Berat Campuran Total

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

Keterangan :

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

*G<sub>sb</sub>* = Berat jenis bulk agregat

*G<sub>mb</sub>* = Berat jenis bulk campuran padat

*P<sub>s</sub>* = Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran

- b. Terhadap Berat Agregat Total

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb}}{G_{sb}} \times \frac{100}{(100 + P_b)} \times 100 \dots \dots \dots (6b)$$

Keterangan :

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

*G<sub>sb</sub>* = Berat jenis bulk agregat

*G<sub>mb</sub>* = Berat jenis bulk campuran padat

*P<sub>b</sub>* = Kadar aspal persen terhadap berat total campuran

### 5. *Void Filled with Asphalt*(VFA)

*Void Filled With Asphalt (VFA)* merupakan persentase rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan, yaitu jumlah dan temperatur pemadatan, gradasi agregat dan kadar aspal. Nilai *VFA* berpengaruh pada sifat kedekatan campuran terhadap air dan udara serta sifat elastisitas campuran. Dengan kata lain *VFA* menentukan stabilitas, fleksibilitas dan durabilitas. Semakin tinggi nilai *VFA* berarti semakin banyak rongga dalam campuran yang terisi aspal sehingga kedekatan campuran terhadap air dan udara juga semakin tinggi, tetapi nilai *VFA* yang terlalu tinggi akan menyebabkan *bleeding*. Nilai *VFA* yang terlalu kecil akan menyebabkan campuran kurang kedap terhadap air dan udara karena lapisan *film* aspal akan menjadi tipis dan akan mudah retak bila menerima penambahan beban sehingga campuran aspal mudah teroksidasi yang akhirnya menyebabkan lapis perkerasan tidak tahan lama. Nilai ini menunjukkan persentase rongga campuran yang berisi aspal, nilainya akan naik berdasarkan naiknya kadar aspal sampai batas tertentu, yaitu pada saat rongga telah penuh. Artinya rongga dalam campuran telah terisi penuh oleh aspal, maka persen kadar aspal yang mengisi rongga adalah persen kadar aspal maksimum. Untuk campuran aspal *Asphalt Concrete-Binder Course (AC-WC)* hanya diperbolehkan 63% kandungan volume udara yang ada. (Spesifikasi Bina Marga 2010)

Nilai rongga terisi aspal (*VFA*) dapat ditentukan dengan persamaan :

$$VFA = \frac{100 (VMA - V_a)}{G_{mm}} \dots \dots \dots (7)$$

Keterangan :

VFA = Rongga terisi aspal, persen VIM

VMA = Rongga diantara mineral agregat, persen volume bulk

Va = Rongga udara campuran, persen total campuran

### **G. Metode *Marshall***

Konsep dasar dari metoda 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 di dalam American Society for Testing and Material 1989(ASTM d-1559).

Dua parameter penting yang ditentukan dalam pengujian tersebut, seperti beban maksimum yang dapat dipikul benda uji sebelum hancur atau Marshall Stability dan deformasi permanen dari sampel sebelum hancur, yang disebut Marshall Flow, serta turunan dari keduanya yang merupakan perbandingan antara Marshall Stability dengan Marshall Flow yang disebut dengan Marshall Quotient, yang merupakan nilai kekakuan berkembang (speudo stiffness), yang menunjukkan ketahanan campuran beraspal terhadap deformasi permanen. Pada sebagian besar agregat, daya ikat terhadap air jauh lebih besar jika dibandingkan terhadap aspal, karena air memiliki wetting power yang jauh lebih besar dari aspal. Keberadaan debu yang berlebihan

pada agregat juga akan berakibat kegagalan pengikatan ataupun berakibat munculnya potensi kehilangan daya ikat campuran beraspal. Uji perendaman *Marshall* (*Marshall Immersion Test*) merupakan uji lanjutan dari uji *Marshall* sebelumnya, dengan maksud mengukur ketahanan daya ikat/adhesi campuran beraspal terhadap pengaruh air dan suhu (*water sensitivity and temperature susceptibility*). Ada beberapa cara yang digunakan untuk menilai tingkat durabilitas campuran beraspal, salah satunya adalah dengan mencari *Marshall Retained Strength Index* atau dengan cara lain yaitu dengan menghitung Indeks Penurunan Stabilitas. Perbedaan keduanya adalah dasar perbandingan dari variasi lamanya perendaman dalam alat *waterbath*. Prosedur pengujian durabilitas mengikuti rujukan SNI M-58-2990. Alat *Marshall* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan cincin penguji (*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).

#### **H. Penelitian Terdahulu**

1. Hadi Sastra (2009), telah melakukan penelitian tentang perubahan parameter *marshall* akibat variasi tumbukan Dalam Judul Tesis “Pengaruh Variasi Jumlah Tumbukan Pada Lapisan Aspal Buton Beragregat (LASBUTAG) Campuran Dingin (*Coldmix*) Dengan Modifier Pertamina Terhadap Karakteristik Marshall”, Metode pencampuran LASBUTAG menurut Direktorat Bina Marga 1998. Adapun variasi jumlah tumbukan

yang dilakukan adalah 50, 75, 100, 125, 150, 175 dan 200 tumbukan persisi dengan waktu pemeraman campuran selama 24 jam. Hasil studi ini menerangkan adanya perbedaan nilai-nilai karakteristik marshall yang nyata dari masing masing jumlah tumbukan yang dilakukan. Adapun jumlah tumbukan yang dibutuhkan agar diperoleh kualitas perkerasan LASBUTAG yang optimum adalah 137 tumbukan persisi.

2. Pada penelitian yang lain Muhammad Rondhi (2007) telah melakukan penelitian dengan judul “ Pengaruh Variasi Pemadatan Terhadap Nilai Stabilitas *Marshall* pada (LASBUTAG) campuran panas. Variasi tumbukan yang digunakan pada komposisi modifier 3.6%: 50% dan 3.6%: 75%. Tumbukan pada LASBUTAG campuran panas dilakukan dengan variasi 50 x 2, 75 x 2, 100 x 2, 125 x 2, 150 x 2, 175 x 2 dan 200 x2. Nilai stabilitas marshall pada LASBUTAG campuran panas menunjukkan nilai awal sebelum ada variasi tumbukan sebesar 244,772 kg pada modifier 3,6%:50%, sedangkan pada modifier 3,6%: 75% nilainya 216,733, dimana nilai stabilitas tersebut memenuhi syarat untuk lalu lintas rendah. Agar dapat dipergunakan untuk lalu lintas sedang dan berat, tumbukan yang dilakukan sebesar 49,5 dan 224,6. Pada LASBUTAG campuran panas komposisi modifier 3,6%: 75%, tumbukan yang dilakukan sebesar 105 dan lalu lintas berat sebesar 395. VIM pada kedua komposisi masih relatif besar dan menunjukkan penurunan seiring dengan bertambahnya stabilitas pada LASBUTAG campuran panas.