

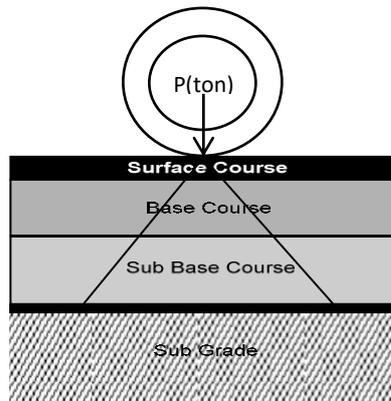
## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Perkerasan Lentur (Aspal)

Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan dibawahnya. Adapun susunan lapis konstruksi perkerasan lentur terdiri dari (Silvia Sukirman, 1999) :

- a. Lapis permukaan (*surface course*)
- b. Lapis pondasi atas (*base course*)
- c. Lapis pondasi bawah (*subbase course*)
- d. Lapisan tanah dasar (*subgrade*)

Susunan konstruksi perkerasan jalan dapat dilihat, pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Susunan kontruksi perkerasan jalan

Berdasarkan gambar diatas lapisan yang paling berat menerima beban adalah lapisan surface course.dan dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana : P = Beban dan A = Luas Penampang Daerah Tekanan

Jenis lapisan aspal beton campuran panas, terbagi menjadi 3 yaitu:

- a. Laston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama *AC-WC (Asphalt Concrete – Wearing Course)* dengan tebal minimum *AC – WC* adalah 4 cm. Lapisan

ini adalah lapisan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan dan dirancang untuk tahan terhadap perubahan cuaca, gaya geser, tekanan roda ban kendaraan serta memberikan lapis kedap air untuk lapisan dibawahnya.

- b. Laston sebagai lapisan pengikat, dikenal dengan nama *AC-BC (Asphalt Concrete – Binder Course)* dengan tebal minimum *AC – BC* adalah 5 cm. Lapisan ini untuk membentuk lapis pondasi jika digunakan pada pekerjaan peningkatan atau pemeliharaan jalan.
- c. Laston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama *AC-Base (Asphalt Concrete-Base)* dengan tebal minimum *AC-Base* adalah 6 cm. Lapisan ini tidak berhubungan langsung dengan cuaca tetapi memerlukan stabilitas untuk memikul beban lalu lintas yang dilimpahkan melalui roda kendaraan.

## **2.2 Campuran Aspal AC-WC**

Agregat, filler, dan aspal sebagai pengikat merupakan bahan dasar dari campuran beraspal. Kualitas campuran beraspal sangat ditentukan oleh mutu dari kedua bahan tersebut.

### **2.2.1 Agregat**

Agregat merupakan salah satu material alami atau buatan yang berfungsi sebagai bahan campuran beton. Agregat menempati +70% volume beton, sehingga sangat berpengaruh terhadap sifat apapun kualitas beton, sehingga pemilihan agregat merupakan bagian yang penting untuk pembuatan beton. Mengingat bahwa agregat merupakan jumlah yang cukup besar dari volume beton dan sangat mempengaruhi sifat beton, maka material ini perlu diberi perhatian yang lebih detail dan teliti dalam setiap pembuatan suatu campuran beton. Selain itu, pemilihan jenis agregat yang akan dipilih tergantung pada mutu agregat, ketersediannya di lokasi, harga serta jenis konstruksi yang akan menggunakannya.

Agregat digolongkan menjadi 2 macam, yaitu agregat alam dan agregat buatan, agregat alam terbentuk berdasarkan aliran air sungai dan degradasi. Sedangkan agregat buatan merupakan agregat yang berasal dari hasil sampingan pabrik-pabrik semen dan mesin pemecah batu. Menurut Tjokrodimulyo (1996) agregat umumnya digolongkan menjadi 3 kelompok, yaitu :

1. Batu, untuk besar butiran lebih dari 40 mm.
2. Kerikil, untuk besar butiran antara 5 mm sampai 40 mm.
3. Pasir, untuk butiran antara 0,15 mm sampai 5 mm.

Jenis agregat yang digunakan sebagai bahan perkerasan adalah agregat halus dan agregat kasar.

a. Agregat Halus

Agregat halus adalah butiran yang lolos saringan 4,75 mm. agregat halus untuk perkerasan dapat berupa pasir.

Persyaratan agregat halus secara umum menurut SNI-03-6821-2002 adalah sebagai berikut :

1. Agregat halus terdiri dari butir-butir tajam dan keras
2. Butir-butir halus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur karena faktor cuaca. Sifat kekal agregat halus dapat diuji dengan larutan jenuh garam. Jika dipakai natrium sulfat maksimum bagian yang hancur adalah 10% berat.
3. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (terhadap berat kering), jika kadar lumpurnya melebihi 5% maka pasir harus di cuci.

Agregat halus harus mempunyai susunan besar butir dalam batas batas berikut.

tabel 2. 1 presentase lolos agregat pada ayakan

Ukuran lubang ayakan (mm)	Prosentase lolos kumulatif (%)
9,5	100
4,75	95-100
2,36	85-100
1,18	50-85
0,60	25-60
0,30	10-30
0,15	2-10

(Sumber SNI-03-6821-2002)

b. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat yang butirannya lebih besar dari 5 mm atau agregat yang semua butirannya dapat tertahan diayakan 4,75 mm. agregat kasar untuk perkerasan dapat berupa kerikil.

Menurut Tjokrodimulyo (1996), beberapa faktor yang harus diperhatikan pada pemilihan untuk pekerjaan campuran, yaitu :

1. Bentuk agregat
2. Tekstur Permukaan Butir
3. Berat Jenis Agregat.
4. Berat Satuan dan Kepadatan Berat satuan
5. Ukuran maksimum agregat yang biasa dipakai adalah 10 mm, 20 mm, atau 40 mm.
6. Kekuatan dan Keuletan
7. Kadar Air Agregat Kandungan didalam
8. Gradasi Agregat

tabel 2. 2 Batas-batas gradasi dari agregat

Lubang ayakan (mm)	Prosentase berat butir lewat ayakan (%)	
	40 mm	20 mm
40	95-100	100
20	30-70	95-100
10	10-35	25-55
4,8	0-5	0-10

(Sumber SK-SNI-T-15-1990-03)

ketentuan agregat untuk campuran aspal ditunjukkan pada tabel 2.3 dan 2.4 berikut:

tabel 2. 3 Ketentuan agregat kasar untuk campuran beton aspal

Jenis Pemeriksaan	Standar	Syarat Maks/Min

Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat	SNI 03-3407-1994	Maks. 12 %
Abrasi dengan Mesin Los Angeles	SNI 03-2417-1991	Maks. 40 %
Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 03-2439-1991	Min. 95 %
Angularitas	SNI 03-6877-2002	95/90(*)
Partikel Pipih dan Lonjong(**)	RSNI T-01-2005	Maks. 10 %
Material lolos Saringan No.200	SNI 03-4142-1996	Maks.1 %

(Sumber : Rancangan Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan, Divisi VI Perkerasan Beraspal, Dep. PU, Edisi April 2007)

tabel 2. 4 Ketentuan Agregat halus untuk campuran aspal

Jenis Pemeriksaan	Standar	Syarat Maks/Min
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Maks. 50 %
Material lolos saringan No. 200	SNI 03-4142-1996	Maks. 8 %
Angularitas	SNI 03-6877-2002	Min. 45 %

(Sumber : Rancangan Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan, Divisi VI Perkerasan Beraspal, Dep. PU, Edisi April 2007)

### 2.2.2 Bahan Pengisi (*Filler*)

*Filler* adalah agregat - agregat yang lolos pada saringan No. 200. *Filler* atau biasa disebut juga dengan bahan pengisi bertugas untuk mengisi rongga antara partikel agregat kasar untuk mengurangi besarnya rongga pada campuran. Sehingga membuat rongga udara lebih kecil dan kerapatan massanya lebih besar (Sukirman, 2003). Ketentuan mengenai bahan pengisi (*filler*) ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.3. Syarat Gradasi bahan pengisi (*Filler*)

Ukuran saringan	Lolos (%)
No 30 (0,59 mm)	100
No 50 (0,279 mm)	95-100
No 100 (0,149 mm)	90-100
No 200 (0,75 mm)	65-100

(Sumber: Bina Marga, 1995)

### 2.3 Bahan Pengikat (Aspal)

Aspal adalah suatu bahan bentuk padat atau setengah padat berwarna hitam sampai coklat gelap, bersifat perekat (*cementious*) yang akan melembek dan meleleh bila dipanasi. Aspal tersusun dari sebagian besar bitumen yang kesemuanya terdapat dalam bentuk padat atau setengah padat, atau merupakan campuran dari bahan bitumen dengan minyak bumi atau derivatnya (ASTM, 1994).



Gambar 2. 2 Aspal

Bitumen adalah suatu campuran dari senyawa hidrokarbon yang berasal dari alam atau dari suatu proses pemanasan, atau berasal dari kedua proses tersebut. Aspal yang dipakai dalam konstruksi jalan mempunyai sifat fisis yang penting, antara lain : kepekatan (*consistency*), ketahanan lama atau ketahanan terhadap pelapukan oleh karena cuaca, derajat pengerasan, dan ketahanan terhadap air (The Asphalt Institute, 1993).

### 2.3.1 Jenis Aspal

Beberapa jenis aspal yang biasa digunakan sebagai material perkerasan jalan yaitu:

#### 1. Aspal Alam

Aspal alam adalah aspal yang berasal langsung dari alam tanpa melewati serangkaian proses pengolahan yang rumit. Aspal alam yang berbentuk batuan bisa diperoleh di Pulau Buton, Sulawesi Tenggara.

#### 2. Aspal Buatan

Aspal buatan adalah aspal yang terbuat dari minyak bumi yang diproses dengan Metode tertentu Yang relatif rumit. proses pembuatan aspal biasa dilaksanakan di l industri khusus pembuatan aspal.

Jenis aspal yang digunakan sangat tergantung dari kondisi dan kebutuhan proyek. Penggunaan aspal harus sesuai dengan prosedur agar tidak menimbulkan retak – retak rambut pada jalan aspal.

Adapun fungsi atau kegunaan aspal adalah

1. Berfungsi untuk mengikat baru-batuan agar tidak terlepas dari permukaan Jalan, baik disebabkan oleh beban lalu lintas Maupun genangan air.
2. Aspal berfungsi sebagai bahar pelapis jalan dan, bahan pengikat agregat.
3. Aspal berfungsi sebagai bahan pengisi ruang kosong yang terdapat di antara Susunan agregat Kasar, halus dan folder.

Penggunaan aspal memang sangat menentukan Kualitas dari proyek jalan. Selain dari material Aspal, kualitas Jalan juga sangat tergantung Metode pelaksanaan seperti Cara Pemadatan aspal.

### 2.3.2 Sifat Aspal

Aspal yang digunakan dalam konstruksi perkerasan jalan pada umumnya berfungsi sebagai pengikat dan pengisi rongga udara antara agregat, oleh karena itu, aspal yang digunakan harus bersifat sebagai berikut :

#### a. Mempunyai daya tahan (*Durability*)

Daya tahan aspal adalah kemampuan aspal mempertahankan sifat asalnya akibat pengaruh cuaca selama masa pelayanan jalan.

b. Kohesi dan Adhesi

Kohesi merupakan kemampuan aspal untuk mengikat unsur-unsur penyusun dari dirinya sendiri sehingga terbentuknya aspal dengan daktilitas yang tinggi. Sedangkan adhesi menyatakan kemampuan aspal untuk berikatan dengan agregat dan tetap mempertahankan agregat pada tempatnya setelah berikatan.

c. Kepekaan terhadap *temperature*

Kepekaan aspal terhadap temperatur adalah sensitifitas perubahan sifat viskoelastis aspal akibat perubahan temperatur, sifat ini dinyatakan sebagai indeks penetrasi aspal (IP). Aspal dengan nilai IP yang tinggi akan memiliki kepekaan yang rendah terhadap perubahan temperatur.

d. Kekerasan aspal

Aspal pada proses pencampuran dipanaskan dan dicampur dengan agregat sehingga agregat dilapisi aspal atau aspal panas disiramkan ke permukaan agregat yang telah disiapkan pada proses peleburan.

e. Viskoelastisitas Aspal

Viskoelastisitas aspal adalah suatu material yang bersifat viskoelasti yang sifatnya akan berubah tergantung pada temperatur atau waktu pembebanan.

Terdapat bermacam-macam tingkat penetrasi aspal yang dapat digunakan dalam campuran agregat aspal, antara lain 40/50, 60/70, 80/100. Umumnya aspal yang digunakan di Indonesia adalah aspal dengan penetrasi 80/100 dan penetrasi 60/70.

### **2.3.3 Pemeriksaan Karakteristik Aspal**

Pemeriksaan aspal perlu dilakukan untuk menentukan sifat fisik dan kimiawi aspal. Beberapa pemeriksaan karakteristik aspal antara lain adalah sebagai berikut:

1. Berat Jenis Aspal

Salah satu jenis pengujian yang terdapat dalam persyaratan mutu aspal adalah berat jenis. Selain untuk memenuhi persyaratan aspal, berat jenis

juga diperlukan pada saat pelaksanaan untuk konversi dari berat ke volume atau sebaliknya.

## 2. Pengujian penetrasi aspal

bertujuan untuk mengetahui kekerasan pada aspal yang mengacu dari kedalaman masuknya jarum penetrasi secara vertikal yang dinyatakan dalam satuan 0,1 mm pada kondisi beban, waktu dan temperatur yang diketahui.

## 3. Daktilitas Aspal

sifat pemuluran aspal yang diukur pada saat putus. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sifat kohesi dan plastisitas aspal.

## 4. Titik Lembek Aspal

Pengujian titik lembek dengan alat cincin dan bola bertujuan untuk menentukan angka titik lembek yang berkisar dari 30°C sampai dengan 157°C.

## 5. Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal

bertujuan untuk mengetahui temperatur dimana aspal mulai menyala dan temperatur dimana aspal mulai terbakar.

## 2.4 Karet Alam (*Lateks*)

Karet alam (*polyisoprene*) termasuk kedalam elastomer yaitu bahan yang dapat diregangkan dan dapat kembali seperti berbentuk semula. Selain karet alam, terdapat beberapa bahan yang juga termasuk elastomer yaitu *polybutadiene*, *polyisobutylene* dan *polyurethanes*, yaitu ketiganya merupakan polimer sintetis. *lateks* memiliki potensi yang besar dalam dunia industri karena memiliki sifat kelietan dan kelekatan yang tinggi, elastisitas tinggi, daya tarik yang kuat, daya lengket yang baik dan daya pegas yang tinggi, maka dari itu *lateks* dapat digunakan sebagai bahan tambah pada perkerasan aspal.

Bentuk utama dari karet alam, yaitu terdiri dari 97% cis-11,4-isoprena, dan dikenal sebagai *hevea rubber*. *Lateks* terdiri dari 32 - 35% karet dan sekitar 5 % senyawa lain, termasuk asam lemak, gula, protein, sterol ester dan garam. Karet alam dihasilkan dari tanaman karet *hevea brasiliensis*, Hofmann (1989).



Gambar 2. 3 Karet Alam (*Lateks*)

Jenis-jenis karet alam antara lain bahan olah karet, karet konvensional, *lateks* pekat, karet bongkah (*block rubber*) karet spesifikasi teknis (*crumb rubber*), karet siap olah (*tyre rubber*) dan karet reklim (*reclaimed rubber*).

### 2.5 *Fly Ash*

*Fly ash* atau abu terbang yang merupakan sisa-sisa pembakaran batu bara, yang dialirkan dari ruang pembakaran melalui ketel berupa semburan asap, yang telah digunakan sebagai bahan campuran pada beton. Abu terbang sendiri tidak memiliki kemampuan mengikat seperti halnya semen. Tetapi dengan kehadiran air dan ukuran partikelnya yang halus, oksida silika yang dikandung oleh abu terbang akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida yang terbentuk dari proses hidrasi semen dan menghasilkan zat yang memiliki kemampuan mengikat.

Menurut *ACI Committee 226* dijelaskan bahwa, *fly ash* mempunyai butiran yang cukup halus, yaitu lolos ayakan N0. 325 (45 mili mikron) 5-27%, dengan *specific gravity* antara 2,15-2,8 dan berwarna abu-abu kehitaman. Sifat proses *pozzolanic* dari *fly ash* mirip dengan bahan *pozzolan* lainnya. Dan menurut Anas Tahir (2009), abu terbang merupakan bahan organik sisa pembakaran batu bara dan terbentuk dari perubahan bahan mineral karena proses pembakaran. Pada pembakaran batu bara dalam pembangkit tenaga listrik terbentuk dua jenis abu yakni abu terbang dan abu dasar.



Gambar 2. 4 Fly Ash

Berikut ini adalah hasil komposisi kimia abu terbang pada tabel berikut.

tabel 2. 5 Komposisi kimia pada *Fly Ash*

No	Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji
1	SiO <sub>2</sub>	%	48,51
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	15,3
3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	8,63
4	CaO	%	3,76
5	Na <sub>2</sub> O	%	1,71
6	K <sub>2</sub> O	%	1,05
7	MgO	%	2,21
8	H <sub>2</sub> O	%	18,76

Sumber: (Anas Tahir, 2009 p. 269)

## 2.6 Gradasi Campuran Beton Aspal

Gradasi agregat merupakan salah satu sifat yang sangat menentukan kinerja/daya tahan jalan. Setiap jenis perkerasan jalan mempunyai gradasi agregat tertentu yang dapat dilihat didalam setiap spesifikasi material perkerasan jalan. Gradasi agregat gabungan untuk campuran beraspal panas ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. 6 Persyaratan Aspal Penetrasi 60/70

No.	Jenis Pengujian	Metode	Persyaratan
			Pen 60/70
1.	Penetrasi, 25 °C; 100 gr; 5 detik; 0,1 mm	SNI 06-2456-1991	60 – 79
2.	Titik Lembek, °C	SNI 06-2434-1991	48 - 58

No.	Jenis Pengujian	Metode	Persyaratan
			Pen 60/70
3.	Daktilitas 25 °C, cm	SNI 06-2432-1991	Min. 100
4.	Berat jenis	SNI 06-2441-1991	Min. 1,0
5.	Penurunan Berat (dengan TFOT), % berat	SNI 06-2440-1991	Max. 0,8

(Sumber : Rancangan Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan, Divisi VI Perkerasan Beraspal, Dep. PU, Edisi April 2007)

tabel 2. 7 Batas Gradasi Campuran Aspal Beton

Ukuran Saringan		% Berat Yang Lolos				
		Lataston (HRS)		Laston (AC) <sup>2</sup>		
ASTM	(mm)	WC	Base	WC	BC	Base
1½"	37,5					100
1"	25				100	90 - 100
¾"	19	100	100	100	90 - 100	Maks.90
½"	12,5	90 - 100	90 - 100	90 - 100	Maks.90	
3/8"	9,5	75 - 85	65 - 100	Maks.90		
No.4	4,75					
No.8	2,36	50 - 72 <sup>1</sup>	35 - 55 <sup>1</sup>	28 - 58	23 - 49	19 - 45
No.16	1,18					
No.30	0,600	35 - 60	15 - 35			
No.200	0,075	6 - 12	2 - 9	4 - 10	4 - 8	3 - 7
Daerah Larangan						
No.4	4,75			-	-	39,5
No.8	2,36			39,1	34,6	26,8 - 36,8
No.16	1,18			25,6 - 31,6	22,3 - 28,3	18,1 - 24,1
No.30	0,600			19,1 - 23,1	16,7 - 20,7	13,6 - 17,6
No.50	0,300			15,5	13,7	11,4

(Sumber : Rancangan Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan, Divisi VI Perkerasan Beraspal, Dep. PU, Edisi April 2007)

## 2.7 Karakteristik Campuran

Menurut Sukirman (2016) Terdapat tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh beton aspal antara lain adalah stabilitas, keawetan atau durabilitas, kelenturan atau fleksibilitas, ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*), kekesatan permukaan atau ketahanan geser, kedap air, dan mudah untuk dilaksanakan.

1. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban 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.

2. Durabilitas

Keawetan atau durabilitas adalah kemampuan beton aspal menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh iklim, seperti udara, air, atau perubahan temperatur.

3. Fleksibilitas

Kelenturan atau fleksibilitas adalah kemampuan beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (*konsolidasi/settlement*) dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak. Fleksibilitas dapat ditingkatkan dengan mempergunakan agregat bergradasi terbuka dengan kadar aspal yang tinggi.

4. Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*)

Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*) adalah kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak.

5. Kekesatan/tahanan geser (*skid resistance*)

Kekesatan/tahanan geser (*skid resistance*) adalah kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir, ataupun slip.

6. Kedap air.

Kedap air adalah kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara ke dalam lapisan beton aspal.

7. Kemudahan Pelaksanaan (*workability*)

Mudah dilaksanakan (*workability*) adalah kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan.

### 2.7.1 Persyaratan Campuran Beton Aspal

Aspal yang digunakan untuk campuran beton aspal haruslah memenuhi persyaratan seperti yang diberikan dalam spesifikasi pekerjaan. Berikut adalah persyaratannya:

Tabel 2. 8 Ketentuan Sifat – Sifat Campuran Aspal

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		AC-WC	AC-BC	AC-BASE
Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075mm dengan kadar aspal efektif	Min	0,6		
	Maks	1,2		
Rongga dalam campuran (%)	Min	3		
	Maks	5		
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	Min	65	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min	80		1800
Pelelehan (mm)	Min	2		3
	Maks	4		6
Stabilitas <i>Marshall</i> sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam 60 C	Min	90		

(Sumber: Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Pekerjaan Konstruksi Jalan Dan Jembatan 2018)

### 2.8 Karakteristik *Marshall*

Pengujian *Marshall* pada campuran AC-WC ini digunakan untuk mencari data dari persyaratan campuran dan memperoleh hasil perhitungan akhir dari sifat - sifat *Marshall*, seperti :

#### 1. Volume Pori Beton Aspal Padat (*Void In Mix* = VIM)

VIM adalah volume pori yang masih tersisa setelah campuran beton aspal dipadatkan. VIM juga mempunyai arti banyak pori di antara butir-butir agregat yang diselubungi aspal. VIM ini dibutuhkan untuk tempat bergesernya butir-butir agregat, akibat pemadatan tambahan yang terjadi oleh repitisi beban lalu lintas atau tempat jika aspal menjadi lunak akibat meningkatnya temperatur. VIM yang terlalu besar mengakibatkan beton aspal padat kurang kedapannya airnya, sehingga berakibat meningkatnya

proses oksidasi aspal yang dapat mempercepat penuaan aspal dan menurunkan sifat durabilitas beton aspal. VIM yang terlalu kecil akan mengakibatkan perkerasan mengalami *bleeding* jika temperatur meningkat.

2. Volume Pori Di Antara Butir Agregat Campuran (*Void In The Mineral Aggregate = VMA*)

VMA merupakan volume pori di dalam beton aspal padat jika seluruh selimut aspal ditiadakan. Tidak termasuk di dalam VMA volume pori di dalam pori masing-masing butir agregat. VMA akan meningkat jika selimut aspal lebih tebal, atau agregat yang digunakan bergradasi terbuka. Kecenderungan bentuk lengkung hubungan antara kadar aspal dan VMA akan turun sampai mencapai minimum dan kemudian kembali bertambah dengan bertambahnya kadar aspal.

3. Volume Pori Beton Aspal Padat Yang Terisi Oleh Aspal (*Volume Of Voids Filled With Asphalt = VFA*)

Banyaknya pori di antara butir agregat di dalam beton aspal padat, yang terisi oleh aspal dinyatakan sebagai VMA. Persentase pori antara butir agregat yang terisi aspal dinamakan VFA. Jadi, VFA adalah bagian dari VMA yang terisi oleh aspal, tidak termasuk di dalamnya aspal yang terabsorpsi oleh masing-masing butir agregat.

4. Stabilitas

Pengujian nilai stabilitas adalah kemampuan maksimum beton aspal padat menerima beban sampai terjadi kelelahan plastis. Pemeriksaan stabilitas diperlukan untuk mengukur ketahanan benda uji terhadap beban. Nilai stabilitas merupakan nilai arloji pengukuran yang dikalikan dengan nilai kalibrasi proving ring dan dikoreksi dengan angka koreksi akibat variasi ketinggian benda uji.

5. Kelelahan (*flow*)

Pengujian kelelahan adalah besarnya perubahan bentuk plastis dari beton aspal padat akibat adanya beban sampai batas keruntuhan. Flowmeter mengukur besarnya deformasi yang terjadi akibat beban.

## 6. *Marshall Quotient*

*Marshall Quotient* merupakan hasil bagi *Marshall* dengan *flow*. Nilai 32 *flow* menggambarkan nilai fleksibilitas dari campuran. Semakin besar nilai MQ berarti campuran semakin kaku dan sebaliknya semakin kecil nilai MQ, maka campuran semakin lentur. Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil bagi *Marshall* yaitu nilai stabilitas dan *flow*, penetrasi, viscositas aspal, kadar aspal campuran, bentuk dan tekstur permukaan agregat, gradasi agregat.

## 2.9 Pengujian *Marshall*

Pengujian kinerja beton aspal padat dilakukan melalui pengujian *Marshall* yang dikembangkan pertama kali oleh *Burce Marshall* dan dilanjutkan oleh U.S. *Corps Engineer*. Alat *Marshall* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan cincin penguji (*proving ring*) berkapasitas 22,2 KN (=5000 lbf) dan *flowmeter*. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, sedangkan *flowmeter* digunakan untuk mengukur kelelahan plastis atau *flow*. Benda uji untuk pengujian *Marshall* berbentuk silinder berdiameter 4 inci (=10,2 cm) dan tinggi 2,5 inci (=6,35 cm). Secara garis besar pengujian *Marshall* meliputi persiapan benda uji, penentuan berat jenis bulk dari benda uji, pemeriksaan nilai stabilitas dan *flow*, dan perhitungan sifat volumetrik benda uji.