

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Perkerasan Jalan**

Perkerasan jalan adalah campuran antara agregat dan bahan pengikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Perkerasan jalan merupakan bagian dari penampang melintang jalan yang berfungsi untuk menahan beban lalu lintas di atasnya kemudian meneruskan ke lapisan dibawahnya. Tahapan dari pelaksanaan konstruksi jalan meliputi tahapan produksi campuran, tahap persiapan lapangan, tahapan pengangkutan campuran, tahapan penghamparan dan tahap pemadatan di lapangan. Produksi campuran beraspal dilakukan di instalasi percampuran atau disebut *Asphalt Mixing Plant (AMP)* dengan menggunakan spesifikasi yang telah disyaratkan. Kemudian campuran tersebut diangkut oleh kendaraan yang bersih dengan bak tertutup agar panasnya tidak hilang. Bagian atas campuran harus ditutup ketika diangkut, atau ketika saat menunggu penuangan. Bagian dalam bak pengangkut dapat dilumuri dengan abu batu, abu batu yang terselimuti aspal, atau air sesedikit mungkin agar campuran beraspal tidak melekat pada dinding bak.

Syarat umum dari suatu jalan adalah dapat menyediakan lapisan permukaan yang selalu rata dan kuat, serta menjamin keamanan yang tinggi untuk masa layanan yang lama dan memerlukan pemeliharaan yang minimal dalam berbagai cuaca. Oleh karena itu penelitian ini diharapkan dapat mengetahui sifat fisik aspal jika menggunakan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar dan pengaruhnya pada karakteristik *Marshall*.

##### **2.1.1 Jenis Konstruksi Perkerasan**

Berdasarkan Sukirman (1999), berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan menjadi:

1. Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan

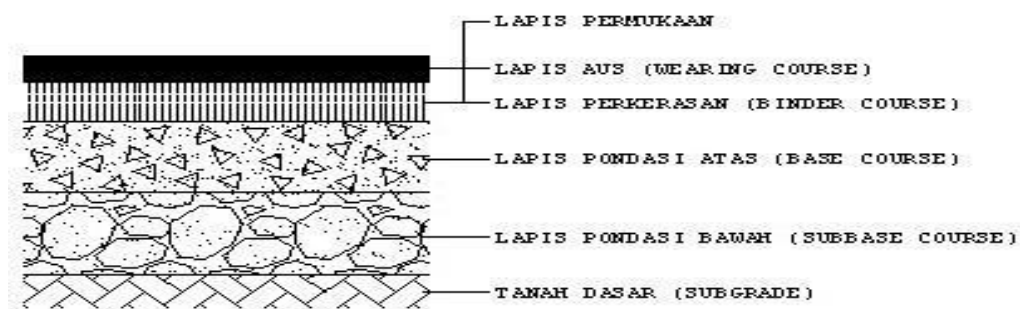
perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.

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 di atas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku di atas perkerasan lentur.

### 2.1.2 Struktur Perkerasan Jalan Lentur

Struktur perkerasan jalan lentur dibuat secara berlapis dan terdiri atas lapisan permukaan (*surface course*) yaitu lapisan aus dan lapis antara. Lapisan dibawahnya ialah lapisan pondasi yang terdiri dari lapisan pondasi atas (*base course*) dan pondasi bawah (*subbase course*). Lapisan ini diletakkan di atas tanah dasar yang dipadatkan (*subgrade*).

Masing-masing elemen lapisan di atas termasuk tanah dasar secara bersama-sama memikul beban lalu lintas. Tebal struktur perkerasan dibuat sedemikian rupa sampai batas kemampuan tanah dasar memikul beban lalu lintas atau dapat dikatakan tebal struktur perkerasan sangat tergantung pada kondisi atau daya dukung tanah dasar.



Gambar 2.1 Lapis perkerasan

(Sumber: Silvia Sukirman, 2003)

#### A. Tanah dasar (sub-grade)

Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar. Tidak semua jenis tanah dapat digunakan sebagai tanah dasar pendukung badan jalan secara baik, karena harus dipertimbangkan beberapa sifat yang penting untuk kepentingan struktur jalan, seperti: daya dukung dan kestabilan tanah yang cukup, komposisi dan gradasi butiran tanah, sifat kembang susut tanah, kemudahan untuk dipadatkan, kemudahan meluluskan air (drainase), plastisitas dari tanah, sifat ekspansif tanah dan lain-lain.

Pemilihan jenis tanah yang dapat dijadikan tanah dasar melalui penyelidikan tanah menjadi penting karena tanah dasar akan sangat menentukan tebal lapis perkerasan di atasnya, sifat fisik perkerasan di kemudian hari dan kelakuan perkerasan seperti deformasi permukaan, dan sebagainya.

#### B. Lapis Pondasi Bawah (sub-base course)

Lapis pondasi bawah (sub-base) adalah suatu lapisan yang terletak antara lapis tanah dasar dan lapis pondasi atas (base), yang berfungsi sebagai bagian perkerasan yang meneruskan beban di atasnya, dan selanjutnya menyebarkan tegangan yang terjadi ke lapis tanah dasar.

Lapis pondasi bawah dibuat di atas tanah dasar yang berfungsi di antaranya sebagai:

- a. Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban roda.
- b. Menjaga efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar lapisan-lapisan selebihnya dapat dikurangi tebalnya (penghematan biaya konstruksi).
- c. Untuk mencegah tanah dasar masuk ke dalam lapis pondasi.
- d. Sebagai lapis pertama agar pelaksanaan dapat berjalan lancar.

Bermacam-macam material setempat ( $CBR > 20 \%$ ,  $PI < 10 \%$ ) yang relatif lebih baik dari tanah dasar dapat digunakan sebagai bahan pondasi bawah. Ada berbagai jenis lapis pondasi bawah yang sering dilaksanakan, yaitu:

- a. Pondasi bawah yang menggunakan batu pecah, dengan balas pasir.
- b. Pondasi bawah yang menggunakan sirtu yang mengandung sedikit tanah.
- c. Pondasi bawah yang menggunakan tanah pasir.
- d. Pondasi bawah yang menggunakan agregat.
- e. Pondasi bawah yang menggunakan material *Asphalt Treated Sub-Base* (ATSB) atau disebut Laston Bawah (Lapis Aspal Beton Pondasi Bawah).
- f. Pondasi bawah yang menggunakan stabilisasi tanah.

C. Lapis Pondasi Atas (base course)

Lapis Pondasi Atas (LPA) adalah suatu lapisan perkerasan jalan yang terletak antara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah (sub-base), yang berfungsi sebagai bagian perkerasan yang mendukung lapis permukaan dan beban-beban roda yang bekerja di atasnya dan menyebarkan tegangan yang terjadi ke lapis pondasi bawah, kemudian ke lapis tanah dasar.

D. Lapis Permukaan (*surface course*)

Fungsi lapis permukaan antara lain:

- a. Sebagai bahan perkerasan untuk menahan beban roda.
- b. Sebagai lapis kedap air, yaitu lapisan yang melindungi lapisan di bawahnya dari resapan air yang jatuh di atas permukaan perkerasan.
- c. Sebagai lapisan aus (*wearing course*) yaitu lapisan yang langsung menderita gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus.

Bahan untuk lapis permukaan umumnya adalah campuran bahan agregat dan aspal, dengan persyaratan bahan yang memenuhi standar. Penggunaan bahan aspal diperlukan sebagai bahan pengikat agregat dan agar lapisan dapat bersifat kedap air, di samping itu bahan aspal sendiri memberikan bantuan tegangan tarik, yang berarti mempertinggi daya dukung lapisan terhadap beban roda lalu lintas.

## 2.2 Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir, atau mineral lainnya baik berupa hasil alam maupun buatan (SNI No: 1737-1989-F). Agregat adalah material granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton semen hidraulik atau adukan. Menurut Silvia Sukirman, (2003), agregat merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil atau fragmen-fragmen. Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan perkerasan jalan, yaitu 90% – 95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75 –85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain. Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan.

### 2.2.1 Klasifikasi Agregat

Klasifikasi agregat dapat dibedakan berdasarkan kelompok terjadinya, pengolahannya, dan ukuran butirnya. Adapun klasifikasi agregat, yakni :

#### 1. Agregat menurut asal kejadiannya

Agregat menurut asal kejadiannya dibagi menjadi :

##### a. Agregat beku (*igneous rock*)

Agregat yang berasal dari magma yang mendingin dan membeku. Dibedakan atas agregat beku luar (*extrusive igneous rock*) dan agregat beku dalam (*intrusive igneous rock*). Agregat beku luar (*extrusive igneous rock*) dibentuk dari magma yang keluar kepermukaan bumi di saat gunung berapi meletus.

##### b. Agregat Sedimen (*sedimentary rock*)

Berasal dari campuran partikel mineral, sisa hewan dan tanaman yang mengalami pengendapan dan pembekuan. Pada umumnya merupakan lapisan-lapisan pada kulit bumi, hasil endapan danau, laut dan sebagainya.

c. Agregat metamorfik (*metamorphic rocks*)

Berasal dari agregat sedimen ataupun agregat beku yang mengalami proses perubahan bentuk akibat adanya perubahan tekanan dan tercampur dari kulit bumi. Berdasarkan strukturnya dapat dibedakan atas agregat metamorf yang massif seperti marmer, kwarsit, dan agregat metamorf yang berfoliasi, berlapis seperti batu sabak, filit, sekis.

2. Agregat Berdasarkan Proses Pengolahannya

Teknik penambangan agregat disesuaikan dengan jelas endapan produksi yang diinginkan dan dengan rencana pemanfaatannya:

a. Endapan agregat kuartar / Resen

Pada jenis endapan ini, tanah penutup belum terbentuk. Endapan ini didapatkan di sepanjang alur sungai. Keadaan endapannya masih lepas sehingga Teknik penambangan permukaan dapat dilakukan dengan alat sederhana seperti sekop dan cangkul. Hasil yang diperoleh diangkut dengan truk untuk dipasarkan. Teknik penambangan ini menghasilkan produk agregat yang sangat terbatas. Apabila diinginkan produksi dalam jumlah banyak, maka pengalihan / pengambilan dilakukan dengan shovel dan backhoe. Pemilahan besar butir (untuk misahkan ukuran pasir dan kerikil) dilakukan secara semi mekanis dengan saringan pasir

b. Endapan agregat yang telah membentuk formasi

Tipe endapan ini telah tertutup oleh tanah / soil. Pekerjaan awal dilakukan dengan land clearing / pembersihan tanah penutup. Endapan agregat jenis ini biasanya sudah agak keras dan campuran dengan lumpur / lempung zat organik lainnya. Untuk mendapatkan agregat yang bersih dari lempung dan zat-zat organik, sistem penambangan dilakukan dengan cara menggunakan pompa tekan / pompa semprot bertekanan tinggi dan dilakukan pencucian. Model penambang seperti ini dilakukan pencucian

c. Produksi agregat dari batu pecah

Agregat batu pecah di produksi dari bongkaran – bongkaran batuan Peledakan (biasanya bantuan andesit dan basalt), kemudian di pecah lagi dengan palu atau alat mekanis (*breaker / crusher*) untuk di sesuaikan ukurannya dengan kebutuhan konsumen. Secara umum, kegiatan pembuat agregat batu pecah terdiri dari penumpukan , pengayakan dan pengangkutan. Hasil dari pengelolaan ini berupa batu pecah dengan ukuran  $\leq 10$  mm, 10 – 20 mm, 20 – 30 mm, 30 – 50 mm, dan 50 – 75 mm.

3. Agregat Berdasarkan ukuran Butiran Menurut Bina Marga (2002)

Agregat Berdasarkan ukuran Butiran Menurut Bina Marga (2002) di bagi menjadi :

a. Agregat Kasar

Fraksi agregat kasar adalah agregat yang tertahan di atas saringan No.8 (2,36 mm) atau lebih besar saringan No.4 (4,75 mm) yang dilakukan secara basah dan harus bersih, keras, awet, dan bebas dari lempung atau bahan lainnya. Fraksi agregat kasar untuk keperluan pengujian harus terdiri atas batu pecah atau kerikil pecah dan harus disediakan dalam ukuran-ukuran normal.

Agregat kasar ini menjadikan perkerasan lebih stabil dan mempunyai *skid resistance* (tahan terhadap selip) yang tinggi sehingga lebih menjamin keamanan berkendara. Agregat kasar mempunyai bentuk butiran yang bulat memudahkan proses pemadatan, tetapi rendah stabilitasnya, sedangkan yang berbentuk menyudut sulit dipadatkan tetapi mempunyai stabilitas yang tinggi. Agregat kasar yang mempunyai ketahanan terhadap abrasi bila digunakan sesuai dengan campuran *wearing course*, untuk itu nilai *Los Angeles Abration test* harus dipenuhi. Menurut Spesifikasi Umum Divisi 6, agregat kasar dalam campuran harus memenuhi ketentuan yang diberikan dalam Tabel 2.1

Tabel 2.1 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat		SNI 3470:2008	Maks. 12%
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC bergradasi	SNI 2417:2008	Maks.30%
	Semua campuran aspal bergradasi lainnya		Maks.40%
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI	Maks.90%
Angularitas (kedalaman dari permukaan <10cm)		<i>DotT's Pennsylvania Test Method, PTM No.621</i>	95/90*
Angularitas (kedalaman dari permukaan $\geq$ 10cm)			80/75*
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 Divisi VI Bina Marga 2010.)

#### b. Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat hasil pemecah batu yang mempunyai sifat lolos saringan No.8 (2,36 mm) atau agregat dengan ukuran butir lebih halus dari saringan No.4 (4,75 mm). agregat halus digunakan dalam campuran AC dapat menggunakan pasir alam yang tidak melampaui 15% terhadap berat total campuran. Fungsi utama agregat halus adalah untuk menyediakan stabilitas dan mengurangi deformasi permanen dari perkerasan melalui keadaan saling mengunci dan gesekan antar butiran. Untuk hal ini maka sifat eksternal yang diperlukan adalah *angularity* (bentuk menyudut) dan *particle surface roughness* (kekerasan permukaan butiran).

Agregat halus merupakan bahan yang bersih, keras, bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Batu pecah halus



harus diperoleh dari batu yang memenuhi ketentuan mutu sesuai dalam tabel 2.2 berikut ini

Tabel 2.2 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%
Angularitas (kedalaman dari permukaan <10cm)	AASTHO TP-33 atau ASTM C1252-93	Min. 45
Angularitas (kedalaman dari permukaan $\geq$ 10cm)		Min. 40

(Sumber: Spesifikasi Bina Marga Divisi VI, Bina Marga, 2010.)

### 2.2.2 Sifat Agregat Sebagai Material Perkerasan Jalan

Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok :

1. Kekuatan dan keawetan (*Strength and Durability*) lapisan perkerasan dipengaruhi oleh :
  - a. Gradasi
  - b. Ukuran maksimum
  - c. Kadar lempung
  - d. Kekerasan dan ketahanan
  - e. Bentuk butiran
  - f. Tekstur permukaan
2. Kemampuan di lapisi aspal dengan baik dipengaruhi oleh :
  - a. Porositas
  - b. Kemungkinan besar
  - c. Jenis agregat
3. Kemudian dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang nyaman dan aman, dipengaruhi oleh :

- a. Tahanan Geser (*Skid resistant*)
- b. Campuran yang memberikan kemudahan pelaksanaan (*Bitumonorus mix work ability*)

### 2.2.3 Gradasi Campuran Aspal

Gradasi adalah susunan butir agregat sesuai dengan ukurannya. Ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui analisis saringan. Satu set saringan umumnya terdiri dari saringan berukuran 4 inci, 3½ inci, 2½ inci, 1½ inci, 1 inci, ¾ inci, ½ inci, dan ⅜ inci, No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100 dan No.200. Ukuran saringan dalam ukuran panjang menunjukkan ukuran bukaan, sedangkan nomor saringan menunjukkan banyaknya bukaan dalam 1 inci panjang. Tabel dibawah ini menunjukkan bukaan dari masing-masing saringan berdasarkan AASTHO. Gradasi agregat diperoleh dari hasil analisis pemeriksaan dengan menggunakan satu set saringan. Saringan berukuran bukaan paling besar diletakkan teratas, dan yang paling halus (No.200) diletakkan di bawah sebelum pan. Sehingga satu set saringan dimulai dari pan dan diakhiri dengan tutup saringan

Tabel 2.3 Ukuran Bukaan Saringan

No.	Ukuran Saringan (inci)	Bukaan (mm)	Ukuran Saringan (inci)	Bukaan (mm)
1	4	1000	3/8	9,5
2	3½	90	No.4	4,75
3	3	75	No.8	2,36
4	2½	63	No.16	1,18
5	2	50	No.30	0,6
6	1½	37,5	No.50	0,3
7	1	25	No.100	0,15
8	¾	19	No.200	0,075
9	½	12,5	-	-

(Sumber: Silvia Sukirman, 2007.)

Gradasi agregat menentukan besarnya rongga atau pori yang mungkin terjadi dalam agregat campuran. Agregat campuran yang terdiri dari agregat berukuran sama akan berongga atau berpori banyak, karena tak terdapat agregat berukuran kecil yang dapat mengisi rongga. Sebaliknya, jika campuran agregat terdistribusi dari agregat berukuran besar sampai kecil secara merata, maka rongga atau pori yang terjadi sedikit. Hal ini disebabkan karena rongga yang terbentuk oleh susunan agregat berukuran besar, akan diisi oleh agregat berukuran lebih kecil. Gradasi agregat dikelompokkan menjadi :

#### 1. Agregat Bergradasi Baik

Agregat bergradasi baik adalah agregat yang ukuran butirnya terdistribusi merata dalam satu rentang ukuran butir. Agregat bergradasi baik disebut juga agregat bergradasi rapat. Campuran agregat bergradasi baik mempunyai pori sedikit, mudah dipadatkan, dan mempunyai stabilitas tinggi. Tingkat stabilitas ditentukan dari ukuran butir agregat terbesar yang ada. Berdasarkan ukuran butir agregat yang dominan menyusun campuran agregat, maka agregat bergradasi baik dapat dibedakan atas :

- a. Agregat bergradasi kasar adalah agregat bergradasi baik yang mempunyai susunan ukuran terus menerus dari kasar sampai dengan halus, tetapi dominan berukuran agregat kasar.
- b. Agregat bergradasi halus adalah agregat bergradasi baik yang mempunyai susunan ukuran menerus dari kasar sampai dengan halus. Agregat bergradasi baik atau buruk dapat diperiksa dengan menggunakan rumus fuller. Perencanaan campuran dengan metode ini bertitik tolak pada stabilitas yang dihasilkan. Oleh karena itu yang menjadi dasar adalah gradasi agregat campuran yang harus memenuhi lengkung fuller

#### 2. Agregat Bergradasi Buruk

Agregat bergradasi buruk tidak memenuhi persyaratan gradasi baik. Terdapat berbagai macam gradasi agregat yang dikelompokkan ke dalam agregat bergradasi buruk seperti :

a. Gradasi Seragam

Gradasi seragam adalah agregat yang hanya terdiri dari butir-butir agregat berukuran sama atau hampir sama. Campuran agregat ini mempunyai pori antar butir yang cukup besar, sehingga sering dinamakan juga agregat bergradasi terbuka. Rentang distribusi ukuran butir yang ada pada agregat bergradasi seragam tersebar pada rentang yang sempit.

b. Agregat Bergradasi Terbuka

Agregat bergradasi terbuka adalah agregat yang didistribusi ukuran butirnya sedemikian rupa sehingga pori-porinya tidak terisi dengan baik.

c. Agregat Gradasi Senjang

Agregat gradasi senjang merupakan campuran yang tidak memenuhi 2 kategori diatas. Agregat bergradasi buruk yang umumnya digunakan untuk lapisan perkerasan lentur merupakan campuran dengan 1 fraksi hilang atau 1 fraksi sedikit. Gradasi seperti itu disebut juga gradasi senjang. Gradasi senjang akan menghasilkan lapisan perkerasan yang mutunya terletak antara agregatnya. Kombinasi gradasi agregat campuran dinyatakan dalam persen berat agregat. Titik-titik kontrol berfungsi sebagai batas rentang dimana suatu target gradasi harus lewat titik-titik tersebut diletakkan di ukuran maksimum nominal dan dipertengahan saringan (2,36 mm) dan ukuran saringan terkecil (0,075 mm).

Gradasi agregat gabungan baik yang dilaksanakan di laboratorium maupun di *Cold Bin* atau AMP untuk gradasi agregat gabungan di laboratorium harus dilaksanakan berdasarkan hasil analisis saringan untuk itu ditentukan berat ukuran agregat dengan persentase yang telah ditetapkan terlebih dahulu dengan target gradasi campuran AC-WC, target gradasi ditentukan sesuai spesifikasi ukuran agregat maksimum 19 mm. Untuk keperluan penelitian ini, maka dipilih kombinasi agregat yang sesuai dengan tabel 2.5 di bawah ini. Gradasi agregat

dalam tabel 2.4 diambil dari spesifikasi agregat gabungan untuk campuran aspal yang telah ditetapkan oleh Bina Marga.

Tabel 2.4 Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Aspal

% Berat yang Lolos Terhadap Total Agregat dalam Campuran												
Ukuran Ayakan (mm)	Latasir (SS)		Lataston (HRS)				Laston (AC)					
			Gradasi Senjang		Gradasi Semi Senjang		Gradasi Halus			Gradasi Kasar		
	Kelas A	Kelas B	WC	Base	WC	Base	WC	BC	Base	WC	BC	Base
37,5									100			100
25								100	90-100		100	90-100
19	100	100	100	100	100	100	100	90-100	73-90	100	90-100	73-90
12,5			90-100	90-100	87-100	90-100	90-100	73-90	61-79	90-100	71-90	55-76
9,5	90-100		75-85	65-90	55-88	55-70	72-90	61-79	47-67	72-90	58-80	45-66
4,75							54-69	47-67	39,5-50	43-63	37-56	28-55
2,36		75-100	50-72	35-55	50-62	32-44	39,1-53	39,5-50	20,8-37	28-39,1	34,6	35,8
1,18							36,1-40	28,3-38	24,1-28	19-25,6	15-22,3	12-18,1
0,6			35-60	15-35	20-45	20-45	23,1-30	20,7-28	17,6-22	13-19,1	10-16,7	7-13,6
0,3					15-35	15-35	15,5-22	13,7-28	11,4-16	9-15,5	7-13,7	5-11,4
0,15							9-15	4-13	4-10	6-13	5-11	2,5-9
0,075	10-15	8-13	6-10	2-9	6-10	4-8	4-10	4-8	3-6	4-10	4-8	3-7

(Sumber: Spesifikasi Umum Divisi VI, Bina Marga, 2010.)

#### 2.2.4 Ukuran Maksimum Agregat

Ukuran maksimum butir agregat dapat dinyatakan dengan menggunakan:

1. Ukuran maksimum agregat, yaitu menunjukkan ukuran saringan terkecil dimana agregat lolos saringan tersebut sebanyak 100%.
2. Ukuran nominal maksimum agregat, menunjukkan ukuran saringan terbesar dimana agregat yang tertahan saringan tersebut sebanyak tidak lebih dari 10%. Ukuran maksimum agregat atau ayakan yang lebih besar dari ukuran nominal maksimum.
3. Ukuran maksimum agregat ikut menentukan tebal minimum lapisan perkerasan yang mungkin dapat dilaksanakan. Tebal lapisan minimum sama dengan dua kali ukuran agregat maksimum. Penggunaan agregat

berukuran besar akan membutuhkan butir-butir agregat yang terdistribusi dalam rentang yang lebih besar untuk mendapatkan agregat bergradasi baik, yaitu pemisahan butir-butir berukuran kecil dan besar semakin mudah.

#### 2.2.5 Kebersihan Agregat (*cleanliness*)

Kebersihan agregat ditentukan dari banyaknya butir-butir halus yang lolos saringan No. 200. Seperti adanya lempung, lanau, ataupun adanya tumbuh-tumbuhan pada campuran agregat. Agregat yang banyak mengandung mineral yang lolos pada saringan No.200, jika dipergunakan sebagai bahan campuran aspal akan menghasilkan campuran aspal yang berkualitas rendah. Hal ini disebabkan material halus membungkus partikel agregat yang lebih kasar, sehingga ikatan antara agregat dan bahan pengikatnya akan berkurang. Pemeriksaan kebersihan agregat dilakukan melalui pengujian seperti pada tabel 2.5

Tabel 2.5 Jenis Pengujian Kebersihan Agregat

No	Jenis Pengujian	SNI	AASHTO
1.	Pengujian bahan agregat yang Lolos saringan No.200	SNI-M-02-1994-03	T 11-90
2.	Pengujian agregat halus atau pasir yang mengandung bahan plastis atau setara pasir.	Pd-M-03-1993-03	T 176-86
3.	Pengujian adanya gumpalan lempung dalam agregat.	-	T 112-87

(Sumber: Silvia Sukirman, 2007.)

#### 2.2.6 Daya Tahan Agregat

Daya tahan agregat merupakan ketahanan agregat untuk tidak hancur atau pecah oleh pengaruh mekanis atau kimia. Agregat dapat mengalami degradasi yaitu perubahan gradasi akibat pecahnya butir-butir agregat. Kehancuran agregat dapat disebabkan oleh proses pelaksanaan perkerasan jalan (penimbunan, penghamparan, pemadatan), pelayanan terhadap beban lalu lintas, dan proses kimiawi, seperti pengaruh kelembapan, kepanasan, dan perubahan suhu sepanjang

hari. agregat yang digunakan untuk perkerasan lapisan jalan haruslah mempunyai daya tahan terhadap degradasi (pemecahan) yang mungkin timbul selama proses pencampuran, pemadatan, repetisi beban lalu lintas dan disintegrasi (penghancuran) yang terjadi selama masa pelayanan jalan tersebut.

Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat degradasi yang terjadi sangat di tentukan oleh:

1. Jenis Agregat, agregat yang lunak memiliki degradasi yang lebih besar dari agregat yang lebih keras.
2. Gradasi, gradasi terbuka mempunyai tingkat degradasi yang lebih besar dibandingkan dengan gradasi rapat.
3. Bentuk, partikel bulat akan mengalami degradasi yang lebih besar daripada yang berbentuk kubus (bersudut)
4. Ukuran partikel, partikel yang lebih kecil mempunyai tingkat degradasi yang lebih kecil daripada partikel yang besar.
5. Energi pemadatan, degradasi akan terjadi lebih besar pada pemadatan dengan menggunakan energi pemadatan yang lebih besar.

Daya tahan agregat terhadap beban mekanis diperiksa dengan melakukan pengujian abrasi menggunakan alat *Los Angeles*, sesuai dengan SNI-03-2417-1991 atau AASHTO 96-87. Gaya mekanis pada pemeriksaan dengan alat *Los Angeles* diperoleh dari bola-bola baja yang dimasukkan bersama dengan agregat yang hendak diuji.

Daya tahan terhadap proses kimiawi diperiksa menggunakan pengujian soundness atau pengujian sifat kekekalan bentuk batu terhadap larutan natrium sulfat ( $Na_2SO_4$ ) atau magnesium sulfat ( $MgSO_4$ ), sesuai dengan SNI-03-3470-1994 atau AASHTO T 104-86.

### 2.2.7 Bentuk dan Tekstur Agregat

Bentuk dan tekstur agregat mempengaruhi stabilitas dari lapisan perkerasan yang dibentuk oleh agregat tersebut. Partikel agregat dapat berbentuk:

1. Bulat (*Rounded*)

Agregat yang ditemui di sungai umumnya telah mengalami erosi, sehingga berbentuk bulat dan licin. Bidang kontak antar agregat berbentuk bulat dan sempit, hanya berupa titik singgung, sehingga menghasilkan penguncian antar agregat yang tidak baik, dan menghasilkan kondisi kepadatan lapisan perkerasan yang kurang baik.

2. Kubus (*Cubical*)

Agregat bentuk kubus pada umumnya merupakan agregat hasil pemecahan batu massif, atau hasil pemecahan mesin batu pecah yang mempunyai bidang kontak yang luas, berbentuk bidang rata sehingga menghasilkan penguncian agregat saling mengunci yang lebih besar. Dengan demikian kestabilan yang diperoleh lebih baik dan lebih tahan terhadap deformasi. Agregat ini merupakan agregat terbaik untuk digunakan sebagai material perkerasan jalan.

3. Lonjong (*Elongated*)

Partikel agregat berbentuk lonjong dapat ditemui di sungai-sungai atau bekas endapan sungai. Agregat dikatakan lonjong jika ukuran terpanjangnya  $> 1,8$  kali diameter rata-rata. Indeks kelonjongan adalah perbandingan persen dari berat agregat lonjong terhadap berat total. Sifat pengunciannya hampir sama dengan agregat berbentuk bulat sehingga kurang baik dipakai sebagai material dalam perkerasan jalan.

4. Pipih (*Flaky*)

Partikel agregat berbentuk pipih dapat merupakan hasil produksi dari mesin pemecah batu apapun memang merupakan sifat dari agregat tersebut jika dipecahkan cenderung pipih. Agregat pipih yaitu agregat yang ketebalannya lebih tipis dari 0,6 kali diameter rata-rata. Indeks kepipihan adalah berat total agregat yang lolos slot dibagi berat total agregat yang tertahan slot pada ukuran nominal tertentu.

Agregat berbentuk pipih mudah pecah pada waktu pencampuran, pemadatan, ataupun akibat beban lalu lintas, oleh karena itu banyaknya



agregat pipih dibatasi menggunakan nilai indeks kepipihan yang disyaratkan.

5. Tak beraturan (*Irregular*)

Agregat berbentuk tak beraturan (*Irregular*) adalah bentuk agregat yang tak mengikuti salah satu bentuk di atas. Agregat kasar terbaik yang dipergunakan untuk material perkerasan jalan adalah berbentuk kubus, tetapi jika tak ada, maka agregat yang mempunyai minimal satu bidang pecahan yang dapat dipergunakan.

Tekstur permukaan agregat dapat dibedakan atas licin, kasar, atau berpori. Agregat berbentuk bulat pada umumnya mempunyai permukaan yang licin, dan sering dijumpai di sungai. Permukaan agregat yang licin menghasilkan daya penguncian yang rendah antar agregat, dan mempunyai tingkat kestabilan yang rendah.

Permukaan agregat kasar mempunyai gaya gesek yang baik, ikatan antara butir agregat kuat sehingga lebih mampu menahan deformasi akibat beban lalu lintas. Agregat berbentuk biasanya mempunyai tekstur permukaan yang kasar akan menghasilkan stabilitas lapisan yang baik. Agregat ini merupakan agregat yang terbaik untuk dipergunakan sebagai material perkerasan jalan.

6. Agregat berpori (*Porous*)

Agregat berpori (*porus*) dapat dibedakan atas agregat berpori sedikit dan agregat berpori banyak. Agregat berpori banyak pada umumnya tingkat kekerasan rendah, sehingga mudah pecah, dan terjadi degradasi. Degradasi merupakan kondisi yang tak diinginkan pada perkerasan jalan. Pori sedikit pada agregat berguna untuk menyerap aspal, sehingga terjadi ikatan yang baik antara aspal dan agregat. Pengujian nilai absorpsi air dilakukan mengikuti AASHTO T 84-88 untuk agregat halus dan T 85-88 untuk agregat kasar.

### 2.2.8 Daya Lekat Aspal Terhadap Agregat

Faktor yang mempengaruhi lekatan aspal dan agregat dibedakan atas dua bagian yaitu :

1. Sifat mekanis yang tergantung dari:
  - a. Pori-pori dan absorpsi
  - b. Bentuk dan tekstur permukaan
  - c. Ukuran butir
2. Sifat kimiawi dari agregat

Agregat berpori berguna untuk menyerap aspal sehingga ikatan antara aspal dan agregat baik. Tetapi terlalu banyak pori dapat mengakibatkan terlalu banyak aspal yang terserap yang akan berakibat lapisan aspal menjadi tipis. Banyaknya pori-pori diperkirakan dari banyaknya air yang terabsorpsi oleh agregat.

Air yang telah diserap oleh agregat sukar dihilangkan seluruhnya walaupun melalui proses pengeringan sehingga mempengaruhi daya lekat aspal dengan agregat. Oleh karena itu besarnya absorpsi dibatasi 3% untuk agregat yang akan digunakan untuk lapisan permukaan dengan pengikat aspal. Agregat berbentuk kubus dan kasar lebih baik mengikat aspal daripada agregat berbentuk bulat dan halus. Permukaan agregat yang kasar akan memberikan ikatan dengan aspal lebih baik daripada agregat dengan permukaan yang licin.

Di samping hal tersebut daya lekatan dengan aspal dipengaruhi juga oleh sifat agregat terhadap air. Granit dan batuan yang mengandung silica merupakan agregat bersifat *hydrophilic* yaitu agregat yang menyerap air lebih banyak. Dengan demikian agregat tidak baik digunakan sebagai bahan campur dengan aspal, karena mudah terjadi *stripping* yaitu lepasnya lapis aspal dari agregat akibat pengaruh air. Sebaliknya agregat seperti dioritandesit disebut agregat *hydrophobic*, adalah agregat yang tidak mudah terikat dengan air sehingga ikatan yang terjadi kecil sekali.

Pengujian kelekatan aspal terhadap agregat dilakukan mengikuti standar SNI-03-2439-1991 atau manual AASHTO T 182-84, kelekatan

agregat terhadap aspal dinyatakan dengan persen, yaitu persentase luas permukaan agregat yang dilapisi aspal terhadap seluruh luas permukaan. Nilai kelekatan agregat terhadap aspal untuk bahan campuran dengan aspal minimal 95%.

#### 2.2.9 Berat Jenis Agregat

Berat jenis agregat adalah perbandingan antara berat volume agregat dengan berat volume air. Besarnya berat jenis agregat sangat penting dalam perencanaan campuran agregat dengan aspal karena umumnya campuran aspal direncanakan berdasarkan perbandingan berat dan juga untuk menentukan banyaknya pori. Agregat dengan berat jenis yang kecil mempunyai volume yang besar sehingga dengan berat yang sama membutuhkan jumlah aspal yang lebih banyak. Di samping itu agregat dengan kadar pori besar membutuhkan jumlah aspal yang banyak. Ada tiga jenis berat jenis aspal yang ditentukan berdasarkan manual AASHTO 85-81 yaitu sebagai berikut:

1. Berat jenis bulk (*bulk specific gravity*)

Berat jenis bulk (*bulk specific gravity*) adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering dan seluruh volume agregat.

2. Berat jenis kering permukaan (*saturated surface dry*)

Berat jenis kering permukaan (*saturated surface dry*) adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat kering + berat air yang dapat meresap ke dalam pori agregat dan seluruh volume agregat.

3. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*)

Berat jenis semu (*apparent specific gravity*) adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering, dan volume agregat yang tak dapat diresapi air.

4. Berat jenis efektif (*effective specific gravity*)

Berat jenis efektif (*effective specific gravity*) adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering. Dalam hal ini

berarti berat agregat kering dan volume agregat yang tak dapat diresapi aspal. Pengukuran volume agregat dalam proses penentuan berat jenis agregat dilakukan menggunakan hukum Archimedes, yaitu berat benda di dalam air akan berkurang sebanyak berat zat cair yang dipindahkan. Dengan mengasumsikan berat jenis dan berat volume air adalah selalu sama dengan satu, maka volume agregat sama dengan berat zat cair yang dipindahkan. Pengujian berat jenis agregat kasar dilaksanakan dengan mengikuti Standar Nasional Indonesia, Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar, SNI 03-1969-1990; SK SNI M-09-1989-F, atau AASHTO T 85-88.

### **2.3 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 terutama dari sebagian besar bitumen yang kesemuanya terdapat dalam bentuk padat atau setengah padat dari alam atau hasil pemurnian minyak bumi, atau merupakan campuran dari bahan bitumen dengan minyak bumi atau derivatnya (ASTM, 1994).

Bitumen (The Asphalt Institute, 1993) adalah suatu campuran dari senyawa hidrokarbon yang berasal dari alam atau dari suatu proses pemanasan, atau berasal dari kedua proses tersebut, kadang-kadang disertai dengan derivatnya yang bersifat non logam, yang dapat berbentuk gas, cairan, setengah padat atau padat, dan campuran tersebut dapat larut dalam Karbondisulfida (CS<sub>2</sub>). 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.

#### **2.3.1 Jenis Aspal**

Berdasarkan tempat diperolehnya aspal dibedakan atas aspal alam dan aspal minyak. Aspal alam yaitu aspal yang didapat di suatu tempat di alam, dan dapat digunakan sebagaimana diperolehnya atau dengan sedikit pengolahan.

Aspal minyak adalah aspal yang merupakan residu pengilangan minyak bumi. Jenis-jenis aspal dibedakan menjadi:

1. Aspal alam

Aspal alam ada yang diperoleh di gunung-gunung seperti aspal di pulau Buton, ada pula yang diperoleh di danau seperti di Trinidad. Aspal alam terbesar di dunia terdapat di Trinidad, berupa aspal danau. Indonesia memiliki aspal alam yang terdapat di pulau Buton yang berupa aspal gunung, terkenal dengan nama aspal Asbuton (Aspal Batu Buton). Asbuton merupakan campuran antara bitumen dan bahan mineral lainnya dalam bentuk batuan. Asbuton merupakan material yang ditemukan begitu saja di alam, maka kadar bitumen yang dikandungnya sangat bervariasi dari rendah sampai tinggi. Untuk mengatasi hal ini, maka asbuton mulai memproduksi dalam berbagai bentuk pabrik pengolahan asbuton.

2. Aspal minyak

Aspal minyak adalah aspal hasil residu destilasi minyak bumi. Setiap minyak bumi dapat menghasilkan residu jenis *asphaltic base crude oil* yang banyak mengandung aspal, *paraffin base crude oil* yang banyak mengandung parafin, atau *mixed base crude oil* yang banyak mengandung campuran antara parafin dan aspal. Untuk perkerasan aspal umumnya digunakan aspal minyak jenis *asphaltic base crude oil*. Jika dilihat bentuknya pada temperatur ruang, maka aspal dapat dibedakan menjadi:

- a. Aspal padat/*cement* (AC)

Aspal padat adalah aspal yang berbentuk padat atau semi padat pada suhu ruang dan menjadi cair ketika dipanaskan. Aspal padat dikenal dengan nama semen aspal (*asphalt cement*). Oleh karena itu semen aspal harus dipanaskan terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai bahan pengikat agregat. Semen aspal berbentuk padat pada temperatur ruang (25°-30° C).

Aspal semen terdiri dari beberapa jenis tergantung dari proses pembuatannya dan jenis minyak bumi asalnya. Pengelompokkan aspal

semen dapat dilakukan berdasarkan nilai viskositasnya. Di Indonesia, aspal semen biasanya dibedakan berdasarkan nilai penetrasinya yaitu:

1. AC pen 40/50, yaitu AC dengan penetrasi 40/50
2. AC pen 60/70, yaitu AC dengan penetrasi 60/70
3. AC pen 85/100, yaitu AC dengan penetrasi 85/100
4. AC pen 120/150, yaitu AC dengan penetrasi 120/150
5. AC pen 200/300, yaitu AC dengan penetrasi 200/300

Aspal semen dengan penetrasi rendah digunakan di daerah bercuaca panas atau lalulintas dengan volume tinggi, sedangkan aspal semen dengan penetrasi tinggi digunakan untuk daerah bercuaca dingin atau lalulintas dengan volume rendah. Di Indonesia pada umumnya digunakan aspal semen dengan penetrasi 60/70 dan 80/100.

b. Aspal cair (*cut back asphalt*)

Aspal cair adalah campuran antara aspal semen dengan bahan pencair dari hasil penyulingan minyak bumi seperti minyak tanah, bensin, dan solar. Dengan demikian aspal cair berbentuk cair dalam temperatur ruang. Berdasarkan bahan pencairnya dan kemudahan menguap bahan pelarutnya, aspal cair dibedakan atas:

- *Rapid curing back* (RC) yaitu aspal cair dengan bahan pencair bensin, RC merupakan aspal cair yang paling cepat menguap
- *Medium curing back asphalt* (MC) yaitu aspal cair dengan bahan pencair minyak tanah (kerosene)
- *Slow curing cut back asphalt* (SC) yaitu aspal cair dengan bahan pencair solar (minyak diesel). SC merupakan aspal cair yang paling lambat menguap.

Berdasarkan nilai viskositas pada temperatur 60°, *cut back asphalt* dapat dibedakan atas:

c. Aspal Emulsi (*Emulsified Asphalt*)

Aspal Emulsi (*Emulsified Asphalt*) adalah suatu campuran aspal dengan air dan bahan pengemulsi yang dilakukan di pabrik pencampur. Aspal emulsi ini lebih cair daripada aspal cair. Aspal emulsi memiliki

sifat larut dalam air, untuk menghindari butiran aspal saling tarik menarik dan membentuk butiran yang lebih besar lagi, maka butiran tersebut harus diberi muatan listrik.

### 2.3.2 Sifat Aspal

Sifat aspal yang dipergunakan pada konstruksi perkerasan jalan berfungsi sebagai:

1. Bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat dalam campuran aspal.
2. Bahan pengisi, mengisi rongga antar butir-butir agregat dan pori-pori yang ada pada agregat.

Campuran aspal haruslah memiliki daya tahan terhadap cuaca, mempunyai adhesi dan kohesi yang baik dan memberikan sifat elastis yang baik.

#### a. Daya Tahan (Durability)

Daya tahan aspal adalah kemampuan aspal mempertahankan sifat asalnya akibat pengaruh cuaca selama masa pelayanan jalan. Sifat ini merupakan sifat dari campuran aspal. Hal ini bergantung pada sifat agregat, campuran dengan aspal, faktor pelaksanaan dan lain sebagainya. Meskipun demikian, sifat aspal ini dapat diperkirakan dari pemeriksaan Thin Film Oven Test (TFOT)

#### b. Adhesi dan kohesi

Adhesi merupakan kemampuan aspal untuk mengikat agregat sehingga dihasilkan ikatan yang baik antara aspal dengan agregat. Kohesi merupakan kemampuan aspal untuk tetap di tempatnya setelah terjadi pengikatan.

#### c. Kepekaan terhadap temperatur

Aspal adalah material yang termoplastis, hal ini berarti aspal akan menjadi keras atau lebih keras jika temperatur berkurang dan akan lunak atau lebih cair jika temperatur bertambah. Sifat ini dinamakan kepekaan terhadap perubahan temperatur. Kepekaan terhadap temperatur dari setiap hasil produksi aspal berbeda-beda, yang

dipengaruhi oleh komposisi kimiawi aspalnya, walaupun mungkin mempunyai nilai penetrasi atau viskositas yang sama pada temperatur tertentu. Pemeriksaan sifat kepekaan aspal terhadap perubahan suhu perlu dilakukan sehingga diperoleh informasi tentang temperatur yang baik untuk pelaksanaan pekerjaan.

d. Kekerasan Aspal

Pada proses pencampuran aspal dipanaskan dan dicampur dengan agregat dengan cara dilapisi atau disiramkan ke permukaan agregat yang telah disiapkan pada proses peleburan. Pada waktu proses pelaksanaan, terjadi oksidasi yang menyebabkan aspal menjadi getas (viskositas bertambah tinggi). Peristiwa perapuhan terus mengalami oksidasi dan polimerasi yang besarnya dipengaruhi juga oleh ketebalan aspal yang menyelimuti agregat. Semakin tipis lapisan aspal, semakin besar tingkat kerapuhan yang terjadi.

### 2.3.3 Pemeriksaan Sifat Semen Aspal

Pemeriksaan semen aspal perlu dilakukan untuk menentukan sifat fisik dan kimiawi aspal. Secara garis besar sesuai dengan tujuannya, pemeriksaan semen aspal dapat dikelompokkan menjadi enam kelompok pengujian yaitu :

1. Pengujian untuk menentukan komposisi aspal.
2. Pengujian untuk mendapatkan data yang berguna bagi keselamatan kerja.
3. Pengujian konsentrasi aspal.
4. Pengujian durabilitas aspal.
5. Pengujian kemampuan mengikat agregat.
6. Pengujian berat jenis semen aspal yang dibutuhkan untuk merencanakan campuran aspal dengan agregat.

Jenis pengujian dan persyaratan agregat yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 2.6



Tabel 2.6 Pengujian dan Persyaratan Untuk Aspal Penetrasi 60/70

No	Pengujian	Metoda	Syarat		Satuan
			min	maks	
1	Penetrasi (25°C, 5 detik)	SNI 06-2456-1991	60	70	0,1 mm
2	Titik Lembek	SNI 06-2434-1991	≥ 48		°C
3	Titik Nyala	SNI 06-2433-1991	≥ 232		°C
4	Kelarutan $CCL_4$	ASTM-D2042	≥ 99		% Berat
5	Daktilitas (25°C, 5 cm/menit)	SNI 06-2432-1991	≥ 100		
6	Pen setelah kehilangan berat	SNI 06-2441-1991	54		% Asli
7	Daktilitas setelah kehilangan berat	SNI 06-2432-1991	100		Cm
8	Berat Jenis	SNI 06-2488-1991	≥ 1		gr/cm <sup>3</sup>
9	Viskositas 135°C	SNI 06-2434-2000	385		cSt
10	Stabilitas Penyimpanan	ASTM D 5976 part 6.1			°C
11	Indeks Penetrasi		≥ -1		-

(Sumber: Spesifikasi Umum Divisi VI, Bina Marga, 2010.)

#### 2.4 Lapis Aspal Beton (LASTON)

Menurut Spesifikasi Perkerasan Aspal 2010 Revisi 3, lapis aspal beton terdiri atas lapis aus (AC- *wearing course*), lapis beton antara (AC-*Binder Course*) dan lapis pondasi (AC-*base*). Setiap jenis campuran menggunakan bahan aspal multigrade atau aspal dimodifikasi disebut AC-WC *Modified*, AC-BC *Modified* dan AC-*Base Modified*. Adapun amplop gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal dapat dilihat pada Tabel 2.7

Tabel 2.7 Amplop Gradasi Agregat Gabungan untuk Campuran Aspal

Ukuran Ayakan (mm)	% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat dalam Campuran		
	Laston (AC)		
	WC	BC	Base
37,5			100
25		100	90-100
19	100	90-100	76-90
12,5	90-100	75-90	60-78
9,5	77-90	66-82	52-71
4,75	53-69	46-64	35-54
2,36	33-53	30-49	23-41
1,18	21-40	18-38	13-30
0,6	14-30	12-28	10-22
0,3	9-22	7-20	6-15
0,15	6-15	5-13	4-10
0,075	4-9	4-8	3-7

(Sumber: Spesifikasi Perkerasan Aspal; 2010 Revisi 3)

## 2.5 Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi yang ditambahkan (*filler added*) terdiri atas debu batu kapur (*limestone dust, calcium carbonate, CaCO<sub>3</sub>*), Atau debu kapur Padam yang sesuai dengan AASHTO M303 - 89(2006), semen atau mineral yang berasal dari Asbuton yang sumbernya disetujui oleh direksi pekerjaan. jika digunakan aspal modifikasi dari jenis asbuton yang diproses maka bahan pengisi yang ditambahkan sudah memperhitungkan kadar air yang terkandung dan luas hutan tersebut. bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI ASTM C136:2012 harus mengandung bahan yang lolos ayakan No.200 tidak kurang dari 75 % terhadap

beratnya kecuali untuk mineral Asbuton. mineral asbuton harus mengandung bahan yang lolos ayakan no.100 tidak kurang dari 95% terhadap beratnya. bila kapur tidak terhidrasi atau terhidrasi sebagian, tidak digunakan sebagai bahan pengisi. Kapur yang seluruhnya terhidrasi yang dihasilkan dari pabrik yang disetujui dan semen yang memenuhi persyaratan. Semua campuran beraspal harus mengandung bahan kimia yang ditambahkan minimal 1% dari berat total agregat

## **2.6 Metode Perencanaan Campuran**

Rancangan campuran bertujuan untuk mendapatkan resep campuran aspal beton dari material yang terdapat di lokasi sehingga dihasilkan campuran yang memenuhi spesifikasi campuran yang ditetapkan. Saat ini, metode rancangan campuran yang paling banyak dipergunakan di Indonesia adalah metode rancangan campuran berdasarkan pengujian empiris menggunakan alat *Marshall*.

Tujuan dari perencanaan campuran aspal adalah untuk mendapatkan campuran efektif dari gradasi dan aspal yang akan menghasilkan campuran aspal yang memiliki sifat-sifat campuran sebagai berikut:

1. Stabilitas, adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur, atau bleeding. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan, dan beban lalu lintas yang akan dilayani. Jalan yang melayani volume lalu lintas tinggi dan dominan terdiri dari kendaraan berat, membutuhkan perkerasan jalan dengan stabilitas tinggi. Sebaliknya perkerasan jalan yang diperuntukan untuk melayani lalu lintas kendaraan ringan tentu tidak diperlukan memiliki nilai stabilitas yang tinggi.
2. Keawetan atau durabilitas, adalah kemampuan aspal menerima repetisi beban lalu lintas seperti beban kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, seperti udara, air, atau perubahan temperatur.
3. Kelenturan dan fleksibilitas, adalah kemampuan aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi keretakan. Penurunan terjadi akibat dari repetisi beban lalu lintas,

ataupun penurunan akibat berat sendiri tanah timbunan yang dibuat diatas tanah asli. Fleksibilitas dapat ditingkatkan dengan menggunakan agregat bergradasi terbuka dengan kadar aspal yang tinggi.

4. Ketahanan terhadap kelelahan, adalah kemampuan aspal menerima lendutan berulang akibat repetisi beban tanpa terjadi kelelahan berupa alur dan retak. Hal ini dapat tercapai jika menggunakan kadar aspal yang tinggi.
5. Kekesatan/tahan geser, adalah kemampuan permukaan aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir atau slip. Faktor-faktor untuk mendapatkan kekesatan jalan sama dengan untuk mendapatkan stabilitas yang tinggi, yaitu kekasaran permukaan dari butir-butir agregat. Ukuran maksimum butiran agregat ikut menentukan kekesatan permukaan.
6. Kedap air (*impermeabilitas*). Adalah kemampuan aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara ke dalam campuran aspal. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal, dan pengelupasan aspal dari permukaan agregat. Tingkat *impermeabilitas* pada aspal berbanding terbalik dengan tingkat durabilitasnya.
7. Mudah dilaksanakan (*workability*), adalah kemampuan campuran aspal untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Faktor yang mempengaruhi tingkat kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah viskositas aspal, kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur, dan gradasi serta kondisi agregat.

Ketujuh sifat campuran aspal ini tidak mungkin dapat dipenuhi sekaligus oleh satu jenis campuran. Sifat-sifat aspal mana yang dominan lebih diinginkan, akan menentukan jenis aspal beton yang akan dipilih. Hal ini sangat perlu diperhatikan ketika merancang tebal perkerasan jalan. Jalan yang melayani volume lalu lintas ringan seperti mobil penumpang, sebaiknya lebih memilih jenis perkerasan aspal yang mempunyai sifat *durabilitas* dan *fleksibilitas* yang tinggi, daripada memilih jenis perkerasan aspal dengan stabilitas yang tinggi

## 2.7 Metode Marshall

Metode *Marshall* ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari suatu perkerasan lentur. Metode *Marshall* ini terdiri dari Uji *Marshall* dan Parameter *Marshall* yaitu :

- a. *Void in mix* (VIM) volume total udara yang berada di antara partikel agregat yang terselimuti aspal dalam suatu campuran yang telah dipadatkan, dan dinyatakan dalam persen volume *bulk*.
- b. *Void in mineral agregat* (VMA) adalah volume rongga yang terdapat di antara partikel agregat suatu campuran yang telah dipadatkan, yang dinyatakan dalam persen terhadap volume total benda uji.
- c. *Void filled with asphalt* (VFA) adalah bagian dari rongga yang berada di antara mineral agregat (VMA) yang terisi aspal efektif dinyatakan dalam persen.
- d. Stabilitas adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban yang bekerja tanpa perubahan bentuk. Nilai stabilitas juga menunjukkan besarnya kemampuan perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja.
- e. Flow (kelelahan plastis) adalah besarnya deformasi vertikal sampel yang terjadi mulai saat awal pembebanan sampai kondisi kestabilan maksimum sehingga sampel sampai batas runtuh. *Flow* merupakan indikator terhadap lentur. *Marshall Quotient* merupakan perbandingan antara stabilitas dengan kelelahan plastis (*flow*) dan dinyatakan dalam kg/mm. Besarnya *Quotient* merupakan indikator dari kelenturan yang potensial terhadap keretakan.

## 2.8 Lapisan Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC)

Lapisan ini merupakan lapisan perkerasan yang terletak dibawah lapisan aus (*wearing course*) dan di atas lapisan pondasi (*base course*). Lapisan ini tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi harus mempunyai ketebalan dan kekakuan yang cukup untuk mengurangi tegangan/regangan akibat beban lalu lintas yang akan diteruskan ke lapisan di bawahnya yaitu *base* dan *sub grade* (tanah dasar). Karakteristik yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas.

Gradasi agregat adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya. Ukuran butir dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisa saringan. Gradasi agregat dinyatakan dalam presentase lolos atau tertahan, yang dihitung berdasarkan berat agregat (Sukirman S., 1999). Persyaratan gradasi agregat beton aspal (AC) disajikan pada Tabel 2.8

Tabel 2.8 Spesifikasi Gradasi Campuran Beton Aspal AC-BC

Ayakan		Gradasi	Gradasi
		Halus	Kasar
No.	Ukuran		
	Saringan	AC-BC	AC-BC
Saringan	(mm)		
1 ½"	3,750	-	-
1"	25,000	100	100
¾"	19,000	90-100	90-100
½"	12,500	74-90	71-90
⅜"	9,500	64-82	58-80
No. 4	4,750	47-64	37-56
No. 8	2,360	34,6-49	23-34,6
No. 16	1,180	28,3-38	15-22,3
No. 30	0,600	20,7-28	10-16,7
No. 50	0,300	13,7-20	7-13,7
No. 100	0,1500	4-13	5-11
No. 200	0,075	4-8	4-8

(Sumber: Spesifikasi Umum Bidang Jalan, 2010)

Sukirman, S., 2008 Menyatakan bahwa Beton Aspal (Laston, AC) terbagi atas tiga jenis yaitu, AC Lapis Aus (AC-WC), AC Lapis Antara (AC-BC), dan AC Lapis Pondasi (AC-Base). Beton Aspal Lapis Aus (AC-WC) adalah merupakan lapisan paling atas dari struktur perkerasan yang berhubungan langsung dengan roda kendaraan, mempunyai tekstur yang lebih halus dibandingkan dengan Beton Aspal Lapis Antara (AC-BC). Beton aspal lapis antara (AC-BC) mempunyai

ukuran maksimum agregat 25.4 mm. Bila campuran aspal AC-BC menggunakan aspal modifikasi maka dikenal sebagai AC-BC modified. (Rancangan Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan, Divisi VI Perkerasan Beraspal, Dep. PU, 2010).

## 2.9 Limbah Beton

Beton adalah campuran antara agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil) dengan semen dan air terkadang ditambah additif yang bersifat kimiawi ataupun fisikal pada perbandingan tertentu, sampai menjadi satu kesatuan yang homogen. Dalam perbetonan ada dua istilah yang digunakan dalam menyebutkan kekuatan tekan dari beton yang akan di gunakan, dua istilah tersebut adalah K (kekuatan) dengan FC (*force concrete*). Istilah penyebutan kekuatan beton menggunakan K biasanya digunakan di lapangan, istilah tersebut sebenarnya mengacu pada PBI 1971 (Peraturan Beton Bertulang). Sedangkan untuk istilah penyebutan kuat tekan beton menggunakan istilah Fc biasanya di gunakan di laboratorium, istilah Fc mengacu pada peraturan SNI 03-2847-2002 Namun saat ini kebiasaan di lapangan menggunakan istilah K untuk menyebut kekuatan beton, hal itu bisa kita lihat dari seluruh supplier beton cor Readymix hampir semuanya menggunakan istilah K (kg/m<sup>2</sup>). Hal ini di sebabkan para pelaku konstruksi masih susah beralih dari penyebutan yang mengacu pada PBI yaitu K (Kg/m<sup>2</sup>) ke istilah fc (mpa).

Limbah beton adalah material beton yang sudah tidak terpakai lagi untuk konstruksi. Limbah beton yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah limbah beton sampel benda uji Fc 42 ,Fc 47 dan Fc 50 yang berasal dari laboratorium PT. Waskita Beton precast.