

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Perkerasan Jalan**

Perkerasan jalan adalah bagian dari jalur lalu lintas yang secara struktural pada penampang melintang jalan merupakan penampang struktur dalam kedudukan yang paling sentral dalam suatu badan jalan. Lalu lintas langsung terkonsentrasi pada bagian ini dan perkerasan jalan merupakan urat nadi dari suatu konstruksi jalan. Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi, dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Perkerasan jalan dalam kondisi baik maka arus lalu lintas akan berjalan dengan lancar, demikian sebaliknya apabila perkerasan jalan rusak, lalu lintas akan terganggu.

Semua jenis perkerasan lalu lintas harus dapat memfasilitasi sejumlah pergerakan lalu lintas, baik itu jasa angkutan manusia, barang atau komoditas angkutan yang diizinkan untuk berlalu lalang di jalanan. Dengan beragam jenis kendaraan dengan angkutan barangnya akan memberikan variasi beban yang berbeda-beda dari beban sedang hingga berat. Untuk jenis kendaraan pribadi atau penumpang akan memberikan variasi beban yang berbeda pula yaitu beban ringan hingga beban sedang. Hal ini harus didukung oleh perkerasan jalan. Daya dukung perkerasan jalan ini akan menentukan kelas jalan yang dipakai. Misalnya kelas jalan I akan menerima beban yang lebih besar dari beban jalan kelas II. Sehingga sudah tentu perkerasan jalan akan disyaratkan berbeda dengan kualifikasi pembebanannya. Supaya perkerasan mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai, tetapi juga ekonomi, maka perkerasan jalan dibuat secara berlapis-lapis. Lapisan paling atas disebut lapisan permukaan, lapisan ini mempunyai mutu yang paling baik. Di bawahnya terdapat lapisan pondasi, lapisan ini terletak di atas tanah dasar yang telah dipadatkan.

### 2.1.1. Jenis Lapisan Perkerasan

Jenis perkerasan dapat dibedakan menjadi beberapa macam di antaranya sebagai berikut:

1. Perkerasan lentur (*flexible pavement*) yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar. Perkerasan jalan dengan menggunakan aspal sebagai bahan pengikat telah ditemukan pertama kali di Babylon pada 625 tahun sebelum masehi, tetapi perkerasan jalan ini tidak berkembang sampai ditemukannya kendaraan bermotor bensin oleh Gottlieb Daimler dan Karl Benz pada tahun 1880. Mulai tahun 1920 sampai sekarang teknologi konstruksi perkerasan dengan menggunakan aspal maju pesat. Adapun keuntungan yang didapatkan dengan menggunakan perkerasan lentur ini adalah dapat digunakan pada daerah dengan perbedaan penurunan, mudah diperbaiki, tambahan lapisan dapat dilakukan kapan saja, memiliki tahanan geser yang baik, warna dari aspal tidak memberikan kesan yang silai bagi pengendara, dapat dilakukan bertahap. Kerugian yang didapat dari perkerasan ini adalah total tebal perkerasan lebih tebal dari perkerasan kaku, kelenturan dan sifat kohesi berkurang selama masa pelayanan, tidak baik digunakan jika sering terkena genangan air, membutuhkan agregat yang lebih banyak.
2. Perkerasan kaku (*rigid pavement*) merupakan perkerasan yang menggunakan semen *Portland* sebagai bahan pengikatnya. Plat beton dengan atau tanpa tulangan di letakan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton. Konstruksi yang menggunakan semen sebagai bahan pengikatnya telah ditemukan pada tahun 1828 di London, tetapi sama halnya dengan perkerasan menggunakan aspal, perkerasan ini mulai berkembang pesat sejak awal tahun 1900 an. Perkerasan kaku cocok digunakan pada volume lalu lintas yang tinggi didominasi oleh kendaraan berat, pintu tol dan lain-lain. Keuntungan memakai perkerasan ini adalah umur pelayanan panjang dengan pemeliharaan yang sederhana, durabilitas baik, mampu bertahan

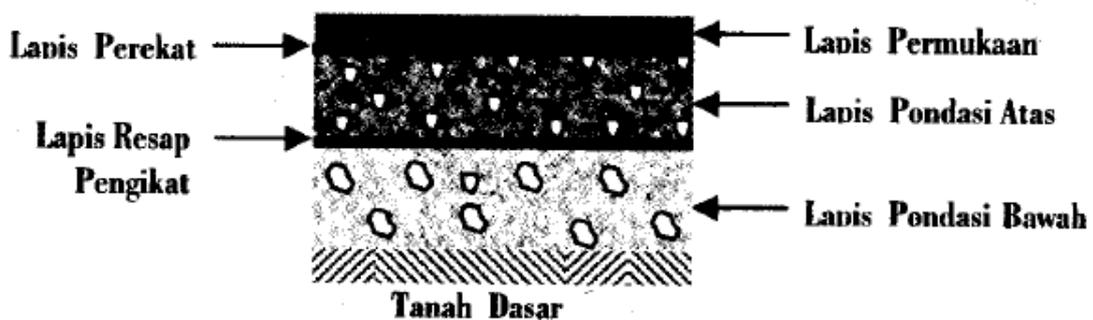
pada banjir yang berulang atau genangan air tanpa menyebabkan kerusakan yang berarti. Adapun untuk kekurangannya sendiri yaitu kekesatan jalan kurang baik dan sifat kekasaran permukaan dipengaruhi oleh proses pelaksanaan, memberikan kesan silau pada pengguna jalan, membutuhkan lapisan tanah dasar yang memiliki penurunan (*settlement*) yang hoogen agar pelat beton tidak retak.

3. Perkerasan komposit (*composite pavement*) yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur, dapat perkerasan lentur di atas perkerasan kaku atau perkerasan kaku di atas perkerasan lentur.

### 2.1.2. Struktur Perkerasan Lentur

Struktur dari perkerasan lentur ini terdiri dari beberapa lapisan. Lapisan itu sendiri terdiri dari yang paling atas lapisan permukaan (*surface course*) yaitu lapis aus dan lapis antara, setelah dilanjutkan dengan lapisan pondasi yaitu lapis pondasi atas (*base course*) dan lapis pondasi bawah (*subbase course*). Serta yang paling bawah yaitu tanah dasar (*subgrade*).

Setiap lapisan mempunyai peran untuk memikul beban lalu lintas dimana beban lalu lintas yang terpusat disalurkan ke lapisan dibawahnya dengan menyebarkan dari beban itu sendiri.



Gambar 2.1. Struktur Lapisan Perkerasan Lentur  
(Sumber: Konstruksi Jalan Raya Jilid 2, 2005)

1. Lapis permukaan (*surface course*)

Lapis permukaan merupakan lapisan yang paling atas dari struktur perkerasan lentur, yang mempunyai fungsi sebagai berikut:

- a. Lapis penahan beban vertikal dari kendaraan, oleh karena itu lapisan harus memiliki stabilitas yang tinggi.
- b. Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atas lapis permukaan tidak meresap ke lapis di bawahnya yang berakibat rusaknya struktur perkerasan jalan.
- c. Lapis yang menyebarkan beban ke lapis pondasi.
- d. Lapis aus (*wearing course*) lapisan yang langsung berhubungan dengan roda kendaraan sehingga menerima gesekan dan getaran roda dari kendaraan hingga mudah menjadi aus.

Lapis permukaan perkerasan lentur menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya sehingga menghasilkan lapis yang kedap air, berstabilitas tinggi, dan memiliki daya tahan selama masa pelayanan. Lapis permukaan ini terdiri dari lapis aus dan antara, perbedaan dari kedua lapis ini yaitu dikarenakan lapis aus (*wearing course*) berada dipaling atas maka mengakibatkan kontak langsung dengan roda kendaraan, hujan, dingin, dan panas sehingga lapis paling atas ini cepat menjadi rusak dan aus. Sedangkan lapi antara (*binder course*) berfungsi untuk memikul beban lalu lintas dan mendistribusikannya ke lapis pondasi.

Jenis lapisan permukaan yang umumnya digunakan di Indonesia antara lain lapisan bersifat nonstruktural berfungsi sebagai lapisan kedap air dan aus, serta lapisan bersifat struktural berfungsi sebagai lapisan yang menahan dan menyebarkan beban roda. Untuk lapisan yang bersifat nonstruktural antara lain:

- a. Burtu (laburan aspal satu lapis) merupakan lapis penutup yang terdiri dari lapisan aspal yang ditaburi dengan satu lapis agregat seragam, dengan tebal maksimum 2 cm.
- b. Burda (laburan aspal dua lapis) merupakan lapis penutup yang terdiri dari lapisan aspal yang ditaburi dengan dua lapis agregat yang dikerjakan secara berurutan, dengan tebal padat maksimum 3,5 cm.

- c. Latasir (lapis tipis aspal pasir) merupakan lapis penutup yang terdiri dari lapisan aspal dan pasir alam yang bergradasi menerus dicampur, dihampar, dan dipadatkan pada suhu tertentu dengan tebal padat 1-2 cm.
- d. Buras (laburan aspal) merupakan lapis penutup terdiri dari lapisan aspal taburan pasir dengan ukuran butir maksimum 3/8 inci.
- e. Latasbum (lapis tipis asbuton murni) dikenal dengan penutup yang terdiri dari campuran asbuton dan bahan pelunak dengan perbandingan tertentu yang dicampur secara dingin dengan tebal padat maksimum 1 cm.
- f. Lataston (lapis tipis aspal beton) dikenal dengan nama *Hot Roll Sheet* (HRS) merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran antara agregat bergradasi timpang, mineral pengisi (*filler*) dan aspal keras dengan perbandingan tertentu yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas. Tebal padat antara 2,5-3 cm.

Jenis lapisan permukaan tersebut walaupun bersifat nonstruktural, dapat menambah daya tahan perkerasan terhadap penurunan mutu, sehingga secara keseluruhan menambah masa pelayanan dari konstruksi perkerasan. Jenis perkerasan ini terutama digunakan untuk pemeliharaan jalan.

Selanjutnya yaitu lapisan perkerasan yang bersifat struktural berfungsi sebagai lapisan yang menahan dan menyebarkan beban lalu lintas, di antaranya:

- a. Penetrasi macadam (Lapen) merupakan lapis perkerasan yang terdiri dari agregat pokok dan agregat pengunci bergradasi terbuka dan seragam yang diikat oleh aspal dengan cara disemprotkan di atasnya dan dipadatkan lapis demi lapis. Di atas lapen ini biasanya diberi laburan aspal dengan agregat penutup. Tebal lapisan satu lapis dapat bervariasi 4-10 cm.
- b. Lasbutag merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran antara agregat, asbuton dan bahan pelunak yang diaduk, dihampar dan dipadatkan secara dingin. Tebal padat pada setiap lapisannya antara 3-5 cm.

- c. Laston (lapis aspal beton) merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang mempunyai gradasi menerus, di campur, dihampar, dan dipadatkan pada suhu tertentu.

## 2. Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapis perkerasan ini terletak di antara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan. Jika tidak digunakan lapis pondasi bawah, maka lapis pondasi atas diletakkan langsung di atas permukaan tanah dasar. Lapis pondasi atas ini mempunyai fungsi sebagai berikut :

- a. Bagian struktur perkerasan yang menahan gaya vertikal dari beban kendaraan dan disebarkan ke lapis bawahnya.
- b. Lapis peresap untuk lapis pondasi bawah.
- c. Bantalan atau perletakan lapis permukaan.

Material yang akan digunakan untuk lapis pondasi atas adalah material yang cukup kuat. Untuk lapis pondasi atas tanpa bahan pengikat umumnya menggunakan material dengan CBR >50% dan Plastisitas Indeks (PI) < 4%. Bahan-bahan alam seperti batu pecah, kerikil pecah, stabilitas tanah dengan semen dan kapur dapat digunakan sebagai lapis pondasi atas. Berikut ini adalah jenis lapis pondasi atas yang biasa digunakan di Indonesia:

- a. Laston lapis pondasi (*Asphalt Concrete Base = AC Base*) menggunakan tebal nominal minimum 60 mm dengan tebal toleransi  $\pm 5$  mm. agregat yang digunakan maksimum berukuran 37,5 mm (1,5 inci).
- b. Lasbutag lapis pondasi adalah campuran antara asbuton dan paremaja yang dicampur, dihampar dan dipadatkan secara dingin. Untuk tebal nominalnya minimum 50 mm dengan ukuran agregat maksimum 25 mm (1 inci).
- c. Lapis penetrasi *macadam* (Lapen).
- d. Lapis pondasi agregat adalah lapis pondasi dari butir agregat. Berdasarkan gradasinya lapis pondasi agregat dibedakan atas agregat

kelas A dan B. Tebal minimum setiap lapis minimal 2 kali ukuran agregat maksimum.

- e. Lapis pondasi tanah semen adalah lapisan yang dibuat dengan menggunakan tanah pilihan yang diperoleh dari daerah setempat yaitu tanah lempung dan tanah berbutir seperti pasir dan kerikil kepasiran dengan plastisitas rendah. Bahan dicampur dengan perbandingan semen dan air tertentu di lokasi atau terpusat hingga merata dan memiliki daya dukung yang cukup untuk lapis pondasi.
- f. Lapis pondasi agregat semen adalah agregat kelas A, B atau C yang diberi campuran semen dan berfungsi sebagai lapis pondasi. Lapis ini harus diletakkan di atas lapis pondasi bawah agregat C.

### 3. Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapis perkerasan yang terletak di antara lapis pondasi atas dan tanah dasar merupakan lapis pondasi bawah (*subbase course*). Lapis pondasi bawah ini berfungsi sebagai :

- a. Bagian dari struktur perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban kendaraan ke lapis tanah dasar. Lapis ini harus cukup stabil dan mempunyai CBR  $\geq$  dari 20 %, serta indeks plastis  $\leq$  dari 10%.
- b. Efisiensi penggunaan material yang relatif mudah, agar lapis di atasnya dapat dikurangi tebalnya.
- c. Lapis peresap, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi.
- d. Lapis pertama, agar pekerjaan dapat berjalan dengan lancar. Hal ini sehubungan dengan kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca atau lemahnya daya dukung tanah dasar menahan roda alat besar.
- e. Lapis filler untuk mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi atas. Jenis lapis pondasi bawah yang umum digunakan di Indonesia adalah lapis pondasi agregat C.

#### 4. Lapis Tanah Dasar ( *Subgrade* )

Lapisan tanah setebal 50-100 cm yang terletak di bawah ketiga lapisan di atas merupakan lapis tanah dasar (*subgrade*). Lapisan tanah dasar dapat berupa tanah asli yang dipadatkan. Jika tanah aslinya baik, tanah yang didatangkan dari daerah lain dan dipadatkan atau tanah yang distabilisasi dengan kapur atau bahan lainnya. Pemadatan yang baik diperoleh jika dilakukan pada kadar air optimum dan diusahakan kadar air tersebut konstan selama umur rencana. Ditinjau dari muka tanah asli, maka lapis tanah dasar dibedakan atas:

- a. Lapisan tanah dasar, tanah galian.
- b. Lapisan tanah dasar, tanah timbunan.
- c. Lapisan tanah dasar, tanah asli.

Sebelum diletakan lapisan-lapisan lainnya, tanah dasar dipadatkan terlebih dahulu sehingga tercapai kestabilan yang tinggi terhadap perubahan volume. Daya dukung dan ketahanan struktur perkerasan jalan sangat ditentukan oleh daya dukung tanah dasar. Masalah yang sering ditemukan terkait dengan lapis tanah dasar adalah:

- a. Perubahan bentuk tetap dan rusaknya struktur perkerasan jalan secara menyeluruh.
- b. Sifat mengembang dan menyusut pada jenis tanah yang memiliki sifat plastisitas yang tinggi. Perubahan kadar air tanah dasar dapat berakibat terjadinya retak dan atau perubahan bentuk. Faktor drainase dan kadar air pada proses pemadatan tanah dasar sangat menentukan kecepatan kerusakan yang mungkin terjadi.
- c. Perbedaan daya dukung tanah akibat perbedaan jenis tanah penelitian yang seksama akan jenis dan sifat tanah dasar di sepanjang jalan dapat mengurangi dampak akibat tidak meratanya daya dukung tanah dasar.
- d. Perbedaan penurunan (*differential settlement*) akibat terdapatnya lapis tanah lunak di bawah lapisan tanah dasar. Penyelidikan jenis dan karakteristik lapisan tanah yang terletak di bawah lapisan tanah dasar sangat membantu mengatasi masalah ini.

- e. Kondisi geologi yang dapat berakibat terjadinya patahan, geseran dari lempung bumi perlu diteliti dengan seksama terutama pada tahap penentuan trase jalan.
- f. Kondisi geologi di sekitar trase pada lapisan tanah dasar di atas tanah galian perlu diteliti dengan seksama, termasuk kestabilan lereng dan rembesan air yang mungkin terjadi akibat dilakukan galian.

## 2.2. Agregat

Agregat adalah material granular misalnya pasir, batu pecah dan kerak tungku besi, yang dipakai bersama-sama dengan suatu beton semen hidrolik atau adukan (SNI 03-4804-1998). Agregat/ batuan didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan kenyal (*solid*). ASTM (1974) mendefinisikan batuan sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa masa berukuran besar maupun fragmen-fragmen. Menurut Silvia Sukirman (2003) agregat merupakan komponen utama dari struktur 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.

### 2.2.1. Jenis Agregat

Agregat mempunyai berbagai macam jenis yang dibedakan dari ukurannya maupun proses pengolahannya. Adapun jenis dari agregat tersebut ialah :

#### 1. Berdasarkan proses terjadinya

Berdasarkan proses terjadinya dapat dibagi menjadi:

- a. Agregat beku (*igneous rock*) adalah agregat yang berasal dari magma yang mendingin dan membeku. Agregat beku luar (*extrusive igneous rock*) dibentuk dari magma yang keluar ke permukaan bumi di saat gunung berapi meletus, dan akibat pengaruh cuaca mengalami pendinginan dan membeku. Umumnya agregat beku luar berbutir halus seperti batu apung, andesit, basalt, obsidian, pumice. Sedangkan agregat beku dalam (*intrusive igneous rock*) dibentuk dari magma yang tak dpt keluar ke permukaan bumi, mengalami pendinginan dan

membeku secara perlahan-lahan di dalam bumi, dapat ditemui di permukaan bumi karena proses erosi dan atau gerakan bumi. Agregat beku dalam umumnya bertekstur kasar seperti gabbro, diorite, syenit.

b. Agregat sedimen (*sedimentary rock*) dapat berasal dari campuran partikel mineral, sisa-sisa hewan dan tanaman yang mengalami pengendapan dan pembekuan. Pada umumnya merupakan lapisan-lapisan pada kulit bumi, hasil endapan di danau, laut, sebagainya. Berdasarkan proses terbentuknya agregat sedimen dapat dibedakan atas:

- Agregat sedimen yang dibentuk dengan proses mekanik, seperti breksi, konglomerat, batu pasir, batu lempung. Agregat ini banyak mengandung silika.
- Agregat sedimen yang dibentuk dengan proses organis, seperti batu gamping, batu bara, opal.
- Agregat sedimen yang dibentuk dengan proses kimiawi, seperti batu gamping, garam, gips, flint.

c. Agregat metamorfik (*metamorphic rock*) adalah agregat sedimen atau agregat beku yang mengalami proses perubahan bentuk akibat adanya perubahan tekanan dan temperatur bumi. Berdasarkan strukturnya dapat dibedakan menjadi agregat metamorf yang massif seperti marmer, kearsir, dan agregat metamorf yang berfoliasi berlapis, seperti batu sebak, filit, sekis.

2. Berdasarkan proses pengolahannya

Berdasarkan pengolahannya agregat yang dipergunakan pada perkerasan lentur dapat dibedakan atas agregat alam, agregat yang mengalami proses pengolahan dan agregat buatan.

a. Agregat alam, dapat dipergunakan sebagaimana bentuknya di alam atau dengan sedikit proses pengolahannya. Agregat ini terbentuk melalui proses erosi dan degradasi. Bentuk partikel dari agregat alam ditentukan dari proses pembentukannya. Aliran sungai membentuk partikel bulat-bulat dengan permukaan yang licin. Degradasi di bukit

membentuk partikel-partikel yang bersudut dengan permukaan yang kasar. Dua bentuk agregat alam yang sering digunakan yaitu kerikil dan pasir.

- b. Agregat yang melalui proses pengolahan, di gunung, bukit atau sungai ditemui agregat masih dalam bentuk batu gunung atau agregat sungai yang masih melebihi ukuran sehingga diperlukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dipergunakan untuk material konstruksi jalan. Agregat harus dipecah agar memperoleh bentuk partikel bersudut, permukaan partikel kasar serta gradasi sesuai yang diinginkan. Proses pemecahan agregat sebaiknya menggunakan mesin pemecah batu (*crusher stone*) sehingga ukuran partikel yang dihasilkan terkontrol dan gradasi yang diharapkan tercapai sesuai dengan spesifikasi.
  - c. Agregat buatan, agregat yang merupakan mineral *filler*/pengisi (partikel yang berukuran  $< 0,075$  mm), diperoleh dari hasil sampingan pabrik semen dan mesin pemecah batu.
3. Berdasarkan ukuran

Berdasarkan ukuran butirannya agregat dapat dibedakan menjadi agregat kasar dan halus.

- a. Agregat kasar, merupakan kerikil sebagai disintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran antara 5 mm - 40 mm. Menurut *The Asphalt Institute* dan Depkimpraswil dalam spesifikasi baru campuran panas 2002 agregat kasar adalah agregat dengan ukuran butir lebih besar dari saringan No 8 (2,36 mm). Sedangkan menurut Bina Marga, agregat kasar merupakan agregat dengan ukuran butir lebih besar dari saringan No. 4 (4,75 mm).
- b. Agregat halus merupakan pasir alam sebagai hasil disintegrasi secara alami dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5 mm. Menurut *The Asphalt Institute* agregat halus adalah agregat dengan ukuran butir lebih halus

dari saringan No. 8 (2,36 mm). Sedangkan menurut Bina Marga, agregat halus merupakan agregat dengan ukuran butir lebih halus dari saringan No. 4 (4,75 mm).

#### 4. Berdasarkan gradasi agregat

Berdasarkan gradasi agregat dapat dibagi menjadi :

- a. Gradasi sela (*gap gradation*), jika salah satu atau lebih ukuran butir atau fraksi pada satu set ayakan tidak ada.
- b. Gradasi menerus, jika agregat yang semua ukuran butirnya ada dan terdistribusi dengan baik.
- c. Gradasi seragam, jika agregat mempunyai ukuran yang sama atau seragam.

#### 5. Berdasarkan tekstur permukaan

Berdasarkan tekstur permukaan dibedakan menjadi.

- a. Halus
- b. Berbutir (*granular*)
- c. Kasar
- d. Kristalin (*crystalline*)
- e. Berbentuk sarang lebah (*honeycombs*)

### 2.2.2. Sifat Agregat Sebagai Material Perkerasan Jalan

Sifat agregat merupakan salah satu faktor penentu kemampuan perkerasan jalan memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca. Oleh karena itu perlu pemeriksaan yang teliti sebelum diputuskan suatu agregat yang dapat dipergunakan sebagai material perkerasan jalan. Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai material perkerasan jalan adalah gradasi, kebersihan, kekerasan dan ketahanan agregat, bentuk butir, tekstur permukaan, porositas, kemampuan menyerap air, berat jenis dan daya lekat dengan aspal.

#### 1. Gradasi

Gradasi adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya. Ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisis saringan. Gradasi atau distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat merupakan hal yang penting

dalam menentukan stabilitas perkerasan. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga antar butir yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan dalam proses pelaksanaan. Pengujian gradasi ini dilakukan menggunakan satu set saringan umumnya terdiri dari ukuran 4 inci, 3<sup>1</sup>/<sub>2</sub> inci, 2 inci, 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> inci, 1 inci, <sup>3</sup>/<sub>4</sub> inci, <sup>1</sup>/<sub>2</sub> inci, <sup>3</sup>/<sub>8</sub> inci, No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.200. Saringan ini disusun dari ukuran yang paling kasar diletakan di atas dan yang paling halus diletakan di paling bawah. Mulai dari tutup hingga pan.

Tabel 2.1. Ukuran Bukaannya Saringan

Ukuran saringan	Bukaan (mm)	Ukuran saringan	Bukaan (mm)
4 inci	100	<sup>3</sup> / <sub>8</sub> inci	9,5
3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> inci	90	No.4	4,75
3 inci	75	No.8	2,36
2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> inci	63	No.16	1,18
2 inci	50	No.30	0,6
1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> inci	37,5	No.50	0,3
1 inci	25	No.100	0,15
<sup>3</sup> / <sub>4</sub> inci	19	No.200	0,075
<sup>1</sup> / <sub>2</sub> inci	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 lebih kecil yang dapat mengisi rongga yang terjadi. Sebaliknya, jika campuran agregat terdistribusi dari agregat berukuran besar hingga 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 kecil. Gradasi agregat dapat dibedakan menjadi gradasi baik dan buruk.

Agregat bergradasi baik adalah agregat yang ukuran butirnya terdistribusi merata dalam satu rentang ukuran butir. Agregat bergradasi baik mempunyai pori sedikit, mudah dipadatkan, dan mempunyai stabilitas tinggi. Tingkat stabilitas ditentukan dari ukuran butiran agregat terbesar yang ada. Berdasarkan ukuran butir

agregat yang dominan menyusun campuran agregat, maka agregat bergradasi baik dibedakan menjadi:

- a. Agregat bergradasi kasar adalah agregat bergradasi baik yang mempunyai susunan ukuran 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, namun dominan berukuran agregat halus.

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

- a. Agregat bergradasi seragam adalah agregat yang hanya terdiri dari butir-butir agregat yang 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 adalah agregat yang terdistribusi ukuran butirnya sedemikian rupa sehingga pori-porinya tidak terisi dengan baik.
- c. Agregat bergradasi senjang adalah agregat yang distribusi ukuran butirnya tidak menerus, atau ada bagian ukuran yang tidak ada, jika ada hanya sedikit sekali.



Gambar 2.2. Rentang Ukuran Butir Pada Berbagai Gradasi  
(Sumber: Beton Aspal Campuran Panas, 2007)

Tabel 2.2. Sifat Agregat Campuran

Sifat	Agregat bergradasi buruk	Agregat bergradasi baik
Stabilitas	Buruk	Baik
Permeabilitas	Baik	Buruk
Tingkat kepadatan	Buruk	Baik
Rongga pori	Besar	sedikit

(Sumber: Silvia Sukirman. 2007)

Gradasi agregat gabungan untuk campuran beraspal, ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat dan bahan pengisi, harus memenuhi batas-batas yang diberikan dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos Terhadap Total Agregat							
		Stone matrix asphalt (SMA)			Lataston (HRS)		Laston (AC)		
ASTM	mm	Tipis	Halus	Kasar	WC	Base	WC	BC	Base
1 <sup>1/2</sup> "	37,5								100
1 "	25			100				100	90-100
<sup>3/4</sup> "	19		100	90-100	100	100	100	90-100	76-90
<sup>1/2</sup> "	12,5	100	90-100	50-88	90-100	90-100	90-100	75-90	60-78
<sup>3/8</sup> inci	9,5	70-95	50-80	25-60	75-85	65-90	77-90	66-82	52-71
No.4	4,75	30-50	20-35	20-28			53-69	46-64	35-54
No.8	2,36	20-30	16-24	16-24	50-72	35-55	33-53	30-49	23-41
No.16	1,18	14-21					21-40	18-38	13-30
No.30	0,6	12-18			35-60	15-35	14-30	12-28	10-22
No.50	0,3	10-15					9-22	7-20	6-15
No.100	0,15						6-15	5-13	4-10
No.200	0,075	8-12	8-11	8-11	6-10	2-9	4-9	4-8	3-7

(Sumber: Spesifikasi Umum Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembata, 2018)

## 2. 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 material yang lolos saringan No. 200, jika dipergunakan sebagai bahan campuran beton aspal, akan menghasilkan beton aspal berkualitas rendah. Hal ini disebabkan material halus membungkus partikel agregat yang lebih kasar, sehingga ikatan antara agregat dan bahan pengikat yaitu aspal akan berkurang dan berakibat mudah lepasnya ikatan antara aspal dan agregat. Pemeriksaan kebersihan agregat dilakukan melalui pengujian seperti pada tabel 2.4.

Tabel 2.4. Jenis Pengujian Kebersihan Agregat

Jenis pengujian	SNI	AASTHO
Pengujian jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan No. 200	SNI-M-02-1994-03	T 11-90
Pengujian agregat halus atau pasir yang mengandung bahan plastis dengan cara setara pasir	Pd M-03-1996-03	T 176-86
Pengujian adanya gumpalan lempung dalam agregat	-	T 112-87

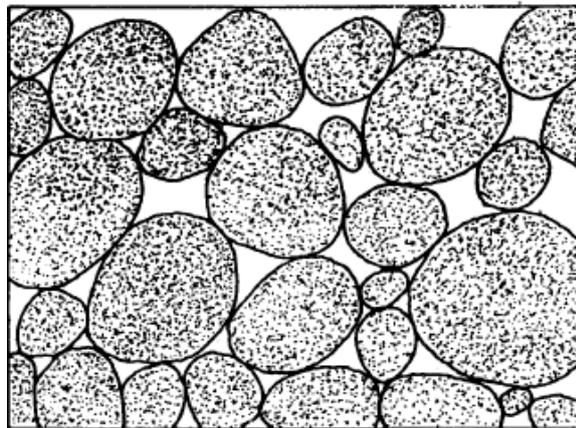
(Sumber: Silvia Sukirman, 2007)

Lempung mempengaruhi mutu campuran agregat dengan aspal karena:

- a. Lempung membungkus partikel-partikel agregat sehingga ikatan antara agregat dan aspal berkurang.
- b. Adanya lempung mengakibatkan luas daerah yang harus diselimuti aspal bertambah. Dengan kadar aspal yang sama akan menghasilkan tebal lapisan yang lebih tipis yang dapat mengakibatkan terjadinya *stripping* (lepasnya ikatan antara aspal dan agregat).
- c. Tipisnya lapisan aspal mengakibatkan lapisan mudah teroksidasi sehingga lapisan cepat rapuh/getas.
- d. Lempung cenderung menyerap air yang berakibat hancurnya lapisan aspal.

### 3. Bentuk dan Tekstur Agregat

Berdasarkan bentuknya, partikel atau butir agregat dikelompokkan sebagai bentuk bulat, lonjong, pipih, kubus, tak beraturan, mempunyai bidang pecah. Agregat berbentuk bulat (*rounded*), agregat yang biasa dijumpai di sungai telah mengalami pengikisan oleh air sehingga umumnya berbentuk bulat. Partikel agregat bulat saling bersentuhan dengan luas bidang kontak kecil sehingga menghasilkan daya *interlocking* yang lebih kecil dan lebih mudah tergelincir.



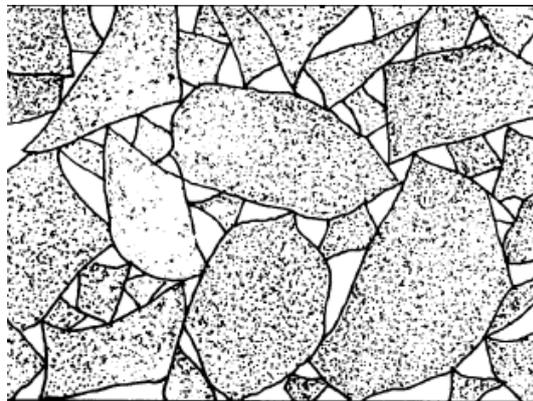
Gambar 2.3. Partikel Agregat Berbentuk Bulat  
(Sumber: Perkerasan Lentur Jalan Raya, 2003)

Agregat berbentuk pipih (*flaky*), dapat merupakan hasil dari mesin pemecah batu ataupun memang merupakan sifat dari agregat tersebut yang jika dipecahkan cenderung berbentuk pipih. Agregat pipih yaitu agregat yang lebih tipis dari 0,6 kali diameter rata-rata. Indek kepipihan (*flakiness index*) adalah berat total agregat yang lolos slot dibagi dengan berat total agregat yang tertahan pada ukuran nominal tertentu. Agregat berbentuk pipih mudah pecah pada waktu pencampuran, pemadatan ataupun akibat beban lalu lintas, oleh karena itu banyaknya agregat pipih ini dibatasi dengan menggunakan nilai indeks kepipihan yang di syaratkan.

Agregat berbentuk lonjong (*elongated*), merupakan partikel agregat yang berbentuk lonjong dapat ditemui di sungai-sungai atau bekas endapan sungai. Agregat dikatakan lonjong jika ukuran terpanjangnya lebih besar 1,8 kali diameter rata-rata. Indeks kelonjongan (*elongated index*) adalah perbandingan dalam persen

dari berat agregat lonjong terhadap berat total. Sifat *interlocking*nya hampir sama dengan yang berbentuk bulat.

Agregat yang berbentuk kubus (*cubical*), merupakan partikel agregat yang berbentuk kubus merupakan bentuk agregat hasil dari mesin pemecah batu (*crusher stone*) yang mempunyai bidang kontak yang lebih luas, berbentuk bidang rata sehingga memberikan *interlocking* atau saling mengunci yang lebih besar. Dengan demikian kestabilan yang diperoleh lebih besar dan lebih tahan terhadap deformasi yang timbul. Agregat berbentuk kubus ini paling baik digunakan sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan.



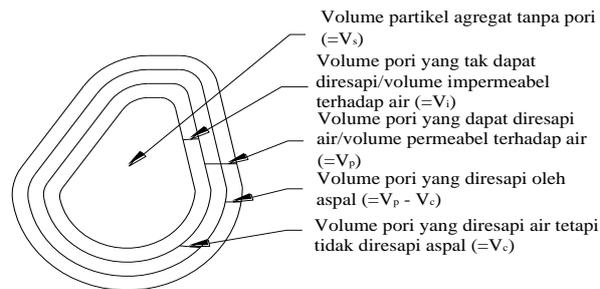
Gambar 2.4. Partikel Agregat Berbentuk Kubus  
(Sumber: Perkerasan Lentur Jalan Raya, 2003)

Agregat berpori (*porous*) dapat dibedakan atas agregat berpori sedikit dan agregat berpori banyak. Agregat berpori banyak pada umumnya mempunyai tingkat kekerasan rendah, sehingga mudah pecah dan terjadi degradasi. Degradasi merupakan kondisi yang tidak diinginkan pada perkerasan jalan. Pori sedikit pada agregat berguna untuk menyerap aspal, hingga terjadi ikatan yang baik antara aspal dan agregat. Terakhir, agregat tak beraturan (*irregular*) adalah bentuk agregat yang tak mengikuti salah satu bentuk di atas.

#### 4. Berat jenis

Berat jenis agregat adalah perbandingan antara berat volume agregat dan berat volume air. Besarnya berat jenis agregat penting dalam perencanaan campuran agregat dengan aspal. Karena umumnya direncanakan berdasarkan perbandingan berat dan juga untuk menentukan banyaknya pori. Agregat dengan

berat jenis yang kecil mempunyai volume yang lebih besar sehingga dengan berat yang sama membutuhkan jumlah aspal yang lebih banyak. Di samping itu agregat dengan kadar pori besar memerlukan atau membutuhkan jumlah aspal yang banyak.



Gambar 2.5. Ilustrasi Berat Jenis  
 (Sumber: Perkerasan Lentur Jalan Raya, 2003)

Terdapat beberapa jenis dari berat jenis (*specific gravity*) diantaranya:

- Berat jenis bulk (*bulk specific gravity*) adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering dan seluruh volume agregat ( $V_s+V_i+V_p+V_c$ ).
- Berat jenis kering permukaan (*saturated surface dry*) adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering permukaan, jadi merupakan berat agregat kering + berat air yang dapat meresap ke dalam pori agregat, dan seluruh volume agregat ( $V_s+V_i+V_p+V_c$ ).
- Berat jenis semu (*apparent specific gravity*) adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat jenis agregat dalam keadaan kering dan volume agregat yang tak dapat diresapi oleh air ( $V_s+V_i$ ).
- Berat jenis efektif (*effective specific gravity*) adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering, jadi merupakan berat agregat kering dan volume agregat yang tak dapat diresapi aspal ( $V_s+V_i+V_p$ ).

Pengukuran volume agregat dalam proses penentuan berat jenis agregat dilakukan dengan mempergunakan 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.

#### 5. Daya Tahan Agregat

Daya tahan agregat adalah ketahanan agregat untuk tidak hancur/pecah oleh pengaruh mekanis atau kimia. Degradasi didefinisikan sebagai kehancuran agregat menjadi partikel-partikel yang lebih kecil akibat gaya yang diberikan pada waktu penimbunan, pemadatan ataupun oleh beban lalu lintas. Disintegrasi didefinisikan sebagai pelapukan pada agregat menjadi butir-butir halus akibat pengaruh kimiawi seperti kelembaban, kepanasan, ataupun perbedaan temperatur sehari-hari. Agregat yang digunakan untuk lapisan perkerasan 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 adalah:

- a. Jenis agregat, agregat yang lunak mengalami degradasi yang lebih besar dari agregat yang lebih keras.
- b. Gradasi, gradasi terbuhan mempunyai tingkat degradasi yang lebih besar dibanding dengan degradasi rapat.
- c. Bentuk, partikel bulat akan mengalami degradasi yang lebih besar dibanding yang berbentuk kubus/bersudut.
- d. Ukuran partikel, partikel yang lebih kecil mempunyai tingkat degradasi yang lebih kecil dibanding partikel besar.
- e. Energi pemadatan, degradasi akan terjadi lebih besar pada pemadatan dengan menggunakan energi pemadatan yang lebih besar.

Ketahanan agregat terhadap penghancuran (degradasi) diperiksa dengan menggunakan percobaan Abrasi *Los Angeles*, berdasarkan PB-0206-76, AASTHO T96-7(1982). Nilai tinggi menunjukkan banyaknya benda uji yang hancur akibat putaran alat yang mengakibatkan tumbukan dan gesekan antar partikel dan dengan bola-bola baja, nilai abrasi > 40% menunjukkan agregat tidak mempunyai kekerasan cukup untuk digunakan sebagai bahan/material lapisan perkerasan. Nilai abrasi <30%, baik sebagai bahan lapis penutup. Nilai abrasi <40% baik sebagai bahan

lapis permukaan dan lapis pondasi atas. Nilai abrasi <50% dapat dipergunakan sebagai bahan lapis pondasi bawah.

Ketahanan agregat terhadap penghancuran (desintegrasi) pada umumnya diperiksa dengan menggunakan pemeriksaan *soundness*. Pemeriksaan ketahanan terhadap cuaca ini dilakukan dengan percobaan *soundness* yaitu agregat direndam dalam larutan natrium sulfat pekat atau sodium sulfat sampai jenuh, dicuci dan direndam kembali sebanyak 5x berdasarkan AASTHO T104-77 (1982). Larutan natrium sulfat masuk ke dalam pori-pori dari agregat dan akibat proses pengeringan agregat yang tidak kuat akan hancur. Kehilangan berat ini dinyatakan dalam bentuk persen. Agregat dengan *soundness*  $\leq 12\%$  menunjukkan agregat yang cukup tahan terhadap pengaruh cuaca dan dapat digunakan untuk lapisan permukaan. Besarnya nilai *soundness* dipengaruhi juga oleh jenis/mineral agregatnya.

#### 6. Daya Lekat Aspal Terhadap Agregat (*Affinity for asphalt*)

Daya lekat aspal terhadap agregat dipengaruhi oleh sifat agregat terhadap air. Granit dan agregat yang mengandung silika merupakan agregat yang bersifat *hydrophilic*, yaitu agregat yang mudah diresapi air, hal ini mengakibatkan agregat tersebut tidak mudah dilekati aspal, ikatan aspal dengan agregat mudah lepas. Sebaliknya agregat seperti diorite, andesit, merupakan agregat *hydrophobic* yaitu agregat yang tidak mudah terikat dengan air, tetapi mudah terikat dengan aspal. Pengujian kelekatan aspal terhadap agregat dilakukan mengikuti standar SNI 03-2439-1991 atau manual AASTHO T182-84. Kelekatan agregat terhadap aspal dinyatakan dalam persen, yaitu persentase luas permukaan agregat yang dilapisi aspal terhadap seluruh luas permukaan.

#### 7. Ukuran Maksimum Partikel Agregat

Semua lapisan perkerasan lentur membutuhkan agregat yang terdistribusi dari besar hingga kecil. Semakin besar ukuran maksimum partikel agregat yang akan digunakan semakin banyak variasi ukuran dari besar sampai kecil yang dibutuhkan. Batasan ukuran maksimum yang digunakan dibatasi oleh tebal lapisan yang diharapkan. Penggunaan partikel agregat dengan ukuran besar menguntungkan karena:

- a. Usaha untuk pemecahan partikel lebih sedikit, sehingga biayanya lebih murah.
- b. Luas permukaan yang harus diselimuti aspal lebih sedikit sehingga kebutuhan akan aspal berkurang.

Disamping keuntungan tersebut pemakaian agregat dengan ukuran besar memberikan sifat-sifat yang kurang baik yaitu:

- a. Kemudahan pelaksanaan pekerjaan berkurang segregasi bertambah besar.
- b. Memungkinkan terjadi gelombang melintang (*raveling*)

Terdapat dua cara untuk menyatakan ukuran partikel agregat yaitu dengan:

- a. Ukuran maksimum agregat merupakan ukuran ayakan/saringan terkecil dimana agregat tersebut lolos 100%.
- b. Ukuran nominal maksimum agregat merupakan ukuran ayakan/saringan terbesar dimana agregat tertahan saringan tidak lebih dari 100%.

### 2.3. Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan sampai temperatur tertentu aspal dapat menjadi lunak/cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau dapat masuk kedalam pori-pori yang ada pada penyemprotan/penyiraman pada perkerasan macadam ataupun pelaburan. Jika temperatur mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (*termoplastis*). Aspal merupakan bahan alam dengan komponen kimia utama hidrokarbon, hasil eksplorasi dengan warna hitam bersifat plastis hingga cair, tidak larut dalam larutan asam encer dan alkali atau air, tapi larut sebagian besar dalam aether, CS<sub>2</sub> bensol dan chloroform. Sebagai salah satu material konstruksi perkerasan lentur, aspal merupakan salah satu komponen kecil, umumnya hanya 4-10% berdasarkan berat atau 10-15% berdasarkan volume, tetapi merupakan komponen yang relatif mahal.

#### 2.3.1. Jenis Aspal

Berdasarkan tempat diperolehnya, aspal dibedakan atas aspal alam dan aspal minyak. Adapun penjelasannya di bawah ini ;

## 1. Aspal Alam

Aspal alam adalah aspal yang didapat di suatu tempat di alam, dan dapat digunakan sebagaimana diperolehnya atau dengan sedikit pengolahan. Aspal alam ada yang diperoleh di gunung-gunung seperti aspal di Pulau Buton, dan ada pula yang diperoleh di danau seperti di Trinidad. Aspal alam terbesar di dunia terapat di Trinidad, berupa aspal danau (*Trinidad Lake Asphalt*). *Lake asphalt*, jika diurai akan didapatkan bahan-bahan dengan komposisi kurang lebih yaitu 40% bitumen, 30% bahan eteris, 25% bahan mineral, 5% bahan organik. Indonesia memiliki aspal alam yaitu di Pulau Buton, yang berupa aspal gunung, terkenal dengan nama Asbuton (aspal batu beton). Asbuton merupakan batu yang mengandung aspal. Asbuton merupakan campuran antara bitumen dengan bahan mineral lainnya dalam bentuk batuan. Karena asbuton merupakan material yang ditemukan begitu saja di alam, maka kadar bitumen yang dikandungannya sangat bervariasi dari rendah sampai tinggi. Asbuton umumnya tersusun dari 30% bahan bitumen, 65% bahan mineral, 5% bahan lain.

## 2. Aspal Minyak

Aspal minyak adalah aspal yang merupakan residu destilasi minyak bumi. Setiap minyak bumi dapat menghasilkan residu jenis *asphaltic base crude oil* yang mengandung banyak aspal, *paraffin base crude oil* yang banyak mengandung parafin atau *mixed base crude oil* yang mengandung campuran antara parafin dan aspal. Untuk perkerasan umumnya digunakan aspal minyak jenis *asphaltic base crude oil*. Aspal minyak dengan bahan dasar aspal dapat dibedakan menjadi:

- a. Aspal padat adalah aspal yang berbentuk padat atau semi padat pada suhu ruang dan menjadi cair jika dipanaskan. Aspal padat dikenal dengan nama semen aspal (*Asphalt Cement=AC*). Aspal semen terdiri dari beberapa jenis tergantung dari proses pembuatannya dan jenis minyak bumi asalnya. Pengelompokan aspal semen dapat dilakukan berdasarkan nilai penetrasi pada temperatur 25<sup>0</sup> c ataupun berdasarkan nilai viskositasnya. Di Indonesia, aspal semen biasanya dibedakan berdasarkan nilai penetrasinya yaitu:

- AC pen 40/50 yaitu AC dengan penetrasi antara 40-50.
- AC pen 60/70 yaitu AC dengan penetrasi antara 60-70.
- AC pen 85/100 yaitu AC dengan penetrasi antara 85-100.
- AC pen 4
- 120/150 yaitu AC dengan penetrasi antara 120-150.
- AC pen 200/300 yaitu AC dengan penetrasi antara 200-300.

Aspal semen dengan penetrasi rendah digunakan di daerah bercuaca panas atau lalu lintas berat dengan volume tinggi, sedangkan aspal semen dengan penetrasi tinggi digunakan untuk daerah bercuaca dingin atau lalu lintas dengan volume rendah. Di Indonesia biasanya menggunakan aspal semen dengan penetrasi 60/70 dan 80/100. Persyaratan umum aspal semen adalah:

- AC berasal dari hasil minyak bumi.
- Aspal harus mempunyai sifat yang sejenis.
- Kadar parifin dalam aspal tidak melebihi 2%
- Tidak mengandung air dan tidak berbusa jika dipanaskan sampai 175<sup>0</sup> c.

Karena keadaan yang solid tersebut, maka di dalam penggunaannya aspal perlu dipanas terlebih dahulu. Contohnya pada pembuatan beton aspal campuran panas (*hot mix*). Dengan pemanasan maka tingkat kekerasan (konsistensi) aspal akan berubah. Bahan yang konsistensinya berubah dengan berubahnya suhu disebut bahan *thermoplastic* dan aspal termasuk ke dalam kelompok ini.

- b. Aspal cair (*cutback asphalt*) yaitu aspal yang berbentuk cair pada suhu ruang. Aspal cair merupakan semen aspal yang dicairkan dengan bahan pencair dari asil penyulingan minyak bumi seperti minyak tanah, bensin, atau solar. Bahan pencair membedakan aspal cair menjadi:
  - *Rapid curing cut back asphalt* (RC) yaitu aspal cair dengan bahan pencair bensin. RC merupakan aspal cair yang paling cepat menguap.

- *Medium curing cut 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 disel). SC merupakan aspal cair yang paling lambat menguap.
- c. 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. Di dalam aspal emulsi, butir-butir aspal larut dalam air. Untuk menghindari butiran aspal saling menarik membentuk butir-butir aspal yang lebih besar, maka butiran tersebut diberi muatan listrik. Berdasarkan muatan listrik yang dikandungnya, aspal emulsi dapat dibedakan atas:
- Aspal kationik disebut juga aspal emulsi asam, merupakan aspal emulsi yang butiran aspalnya bermuatan arus listrik positif.
  - Aspal anionik disebut juga aspal emulsi alkali, merupakan aspal emulsi yang butiran aspalnya bermuatan negatif.
  - Nanionik merupakan aspal emulsi yang tidak mengalami ionisasi, berate tidak mengantarkan listrik.

Berdasarkan kecepatan mengerasnya, aspal eulsi dapat dibedakan atas:

- *Rapis setting* (RS), aspal yang mengandung sedikit bahan pengemulsi sehingga pengikatan yang terjadi cepat dan aspal cepat menjadi padat atau keras kembali.
- *Medium setting* (MS).
- *Slow setting* (SS) jenis aspal emulsi yang paling lambat mengeras.

Aspal emulsi ini mempunyai kekurangan dan lebeihannya. Untuk kelebihanannya sendiri yaitu tidak ada bahaya kebakaran, tidak ada polusi, stif bitumen (bitumen keras) dapat diperoleh dalam keadaan cair, cocok untuk pekerjaan yang relative kecil dengan *unskilled labour*. Adapun kekurangan dari aspal emulsi ini yaitu fungsi aspal baru bekerja dengan baik setelah air yang ada menguap, cocok untuk agregat yang *open grading*.

### 2.3.2. Sifat Aspal

Aspal atau dalam istilah baku *asphalt* bitumen terdiri dari unsur *carbon* (C) sebagai komponen utama yaitu  $\pm 80\%$ . Aspal yang dipergunakan pada konstruksi perkerasan jalan berfungsi sebagai:

1. Bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat itu sendiri.
2. Bahan pengisi, mengisi rongga antara butir-butir agregat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri.

Dalam artian lain berarti aspal haruslah mempunyai daya tahan (tidak cepat rapuh), tahan terhadap cuaca, mempunyai adhesi dan kohesi yang baik serta kekerasans spal yang memberikan sifat elastis yang baik.

1. Daya tahan (*durability*)

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

2. Adhesi dan Kohesi

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

3. Kepekaan terhadap temperatur

Aspal adalah material yang termoplastis, berarti akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur bertambah. Sifat ini dinamakan kepekaan terhadap perubahan temperatur. Kepekaan terhadap temperatur dari setiap hasil produksi aspal berbeda-beda tergantung dari asalnya walaupun aspal tersebut mempunyai jenis yang sama.

#### 4. Kekerasan aspal

Aspal pada proses pencampuran dipanaskan dan dicampur dengan agregat dilapisi aspal atau aspa panas disiramkan ke permukaan agregat yang telah disiapkan pada proses pelaburan. Pada proses pelaksanaan, terjadi oksidasi yang menyebabkan aspal menjadi gas (viskositas bertambah tinggi). Peristiwa perapuhan terus berlangsung setelah masa pelaksanaan selesai. Jadi selama masa pelayanan, aspal mengalami oksidasi dan polimerisasi yang besarnya dipengaruhi juga oleh ketebalan aspal yang meliputi agregat. Semakin tipis lapisan aspal, semakin besar tingkat kerapuhan yang terjadi.

#### 5. Kekentalan (*viscosity*)

Kekentalan aspal dipengaruhi oleh beberapa hal diantaranya:

- a. Temperatur, dengan naiknya temperatur maka kekentalan aspal akan menurun. Hal ini disebabkan oleh energy termal/ *thermal energy* meningkat dan mempunyai daya pelarut *asphaltene* yang lebih besar.
- b. Lama pembebanan, jika dikaitkan dengan lalu lintas maka pembebanan yang lama akan terjadi pada lalu lintas dengan kecepatan yang rendah atau sebaliknya. Menurut Shell, dengan semakin lama pembebanannya maka aspal yang semula bersifat elastis akan bersifat lebih viscos.
- c. Waktu (*effect of time*), hal ini berkaitan dengan sifat aspal yang tahan lama sebagai jalan aspal. Apabila aspal dibiarkan dalam keadaan yang tidak/jarang sekali mendapat beban, ternyata kekentalan aspal akan naik. Perubahan kekentalan ini sebanding dengan waktu dan terjadi pada komposisi kimia yang tepat (*thixotropy*). *Thixotropy* ini dapat dihilangkan dengan cara memberikan tegangan/beban atau pemanasan pada aspal tersebut.

#### 6. Kekakuan aspal (*stiffness/modulus of bitumen*)

Karena aspal dapat berada pada kondisi elastis maupun viskus, strain aspal juga dapat berada di daerah elastis maupun daerah viskus. Kondisi aspal ini

sangat tergantung pada lama pembebanan dan suhu. Akibatnya kekakuan aspal juga dipengaruhi lama pembebanan dan suhu.

Tabel 2.5. Pengaruh Pembebanan Dan Suhu Pada Kekakuan Aspal

<b>Lama pembebanan</b>	<b>Suhu</b>	<b>Sifat</b>
Singkat	Rendah	Elastik
Sedang	Sedang	Visko elastik
Panjang	Tinggi	Viskus

(Sumber: *Bahan dan Struktur Jalan Raya, 2004*)

7. Kuat tarik (*tensile strength*)

Kuat Tarik aspal juga dipengaruhi oleh temperatur dan lama pembebanan. Kuat Tarik aspal ini akan lebih terlihat nyata pada suhu rendah. Untuk mengetahui kuat Tarik aspal dapat dilakukan percobaan titik pecah Fraass (*Fraass breaking test*).

8. Warna

Warna aspal aslinya adalah hitam tau coklat tua kehitam-hitaman. Untuk tujuan penggunaan tertentu aspal dapat diberi warna, seperti merah, hijau, biru, putih.

9. Berat jenis (*specific gravity*), berat jenis aspal bervariasi antara 0,95-1,05.

### 2.3.3. Pemeriksaan Aspal

Aspal merupakan hasil produksi dari bahan alam, sehingga sifat-sifat aspal harus selalu diperiksa di laboratorium dan aspal yang memenuhi syarat-syarat yang telah ditetapkan dapat dipergunakan sebagai bahan pengikat perkerasan lentur.pemeriksaan yang dilakukan pada aspal sebagai berikut:

1. Pengujian penetrasi aspal

Pengujian penetrasi dimaksudkan untuk mengukur kekerasan/kelunakan aspal dengan persyaratan tertentu. Hasil tes berupa jarak sepersepuluh centimeter, dari sebuah jarum standar penetrasi, masuk secara vertikal pada suatu contoh kecil aspal yang ditempatkan pada wadah tepat di bawah jarum tersebut. Standar penetrasi tersebut adalah diakibatkan oleh beban 100 gram

yang diberikan pada jarum selama 5 detik pada kondisi temperatur  $25^{\circ}\text{C}$ . secara lengkap dapat dilihat pada SNI-06-2456-1991, PA-0301-76 atau AASTHO T49-80.

## 2. Pengujian titik lembek aspal

Bahan aspal tidak mempunyai titik leleh tetap, sebagaimana bahan lain. Tetapi karena mempunyai stadium transisi dari cair ke padat, terdapat variasi temperatur. Umumnya, makin tinggi titik lembek aspal, semakin rendah variabilitasnya. Metodenya sendiri dikenal sebagai metode “bola-cincin” (*ring and ball*), dimana bola dan cincin terbuat dari kuningan. Air dalam tabung dipanaskan dengan dipertahankan pada temperature  $56^{\circ}\text{C}$  untuk ter,  $111^{\circ}\text{C}$  untuk aspal, dengan kecepatan pemanasan  $0,5^{\circ}\text{C}$  per tiga menit pertama. Titik lembek sendiri merupakan suhu suatu lapisan aspal dalam cincin yang diletakkan horizontal didalam larutan air atau *gliserine* yang dipanaskan secara teratur menjadi lembek karena beban bola baja dengan diameter 9,53 mm seberat  $\pm 3,5$  gram yang diletakkan di atasnya sehingga lapisan aspal tersebut jatuh melalui jarak 25,4 mm (1 inci). 2 aspal yang mempunyai penetrasi yang sama belum tentu mempunyai titik lembek yang sama. Secara lengkap dapat dilihat dari SNI-06-2434-1991, PA-0302-76 atau AASTHO T53-81

## 3. Pengujian Daktilitas

Pengujian ini akan mendapat panjang aspal (dalam cm), yang dapat ditarik sampai menjelang putus dengan kecepatan 5 cm/menit, pada suhu  $25^{\circ}\text{C}$  yang merupakan indikator dari kuat adhesi dan elastisitas dari aspal. Aspal dengan daktilitas yang tinggi akan mengikat agregat dengan lebih baik, namun makin baik daktilitas makin besar dipengaruhi oleh temperatur. Secara lengkap dapat dilihat pada SNI -06-2432-1991, PB-0306-76 dan AASTHO T51-81.

## 4. Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar

Pengujian dimaksudkan untuk menentukan pada suhu berapa aspal mulai menyala dan terbakar, sehingga batas aman bilamana aspal dipanaskan dapat diketahui. Titik nyala adalah batas temperatur pemanasan, dimana

terlihat nyala api singkat kurang dari 5 detik, pada suhu titik permukaan aspal, apabila didekati api. Titik bakar adalah suhu pada saat terlihat nyala sekurang-kurangnya 5 detik pada suatu titik dipermukaan atas. Material aspal pada cawan dipanasi langsung dengan api, pada suhu dengan kenaikan yang konstan. Pada interval tertentu, cawan didekati dengan api yang kecil lain untuk pengetesan nyala. Temperatur yang terendah dimana api tersebut menyebabkan munculnya uap di atas permukaan aspal cair dan mulai menyala kurang dari 5 detik, disebut titik nyala yang dicari.

5. Pemeriksaan kehilangan berat aspal

Pemeriksaan dilakukan untuk mengetahui pengurangan berat akibat penguapan bahan-bahan yang mudah menguap dalam aspal. Aspal setebal 3 mm dipanaskan sampai  $163^{\circ}\text{C}$  selama 5 jam di dalam oven yang dilengkapi dengan piring berdiameter 25 cm tergantung melalui poros vertikal dan dapat berputar dengan kecepatan 5-6 putaran/menit. Oven dilengkapi dengan ventilasi. Pemeriksaan mengikuti prosedur PA-0304-76 atau AASTHO T47-82. Penurunan berat yang besar menunjukkan banyaknya bahan yang hilang karena penguapan. Aspal tersebut akan cepat mengeras dan menjadi rapuh. pemeriksaan dapat dilanjutkan dengan menentukan penetrasi/viskositas aspal dari contoh aspal yang telah mengalami pemanasan.

6. Berat jenis aspal

Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat aspal dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu,  $25^{\circ}\text{C}$  atau  $15,6^{\circ}\text{C}$ . prosedur pelaksanaan mengikuti PA-0307-76 atau AASTHO T228-79. Berat jenis aspal diperlukan untuk perhitungan dalam analisa campuran.

7. Pemeriksaan viskositas

Pemeriksaan viskositas pada aspal semen bertujuan untuk memeriksa kekentalan aspal, dilakukan pada temperatur  $60^{\circ}\text{C}$  dan  $135^{\circ}\text{C}$ .

#### 2.4. Bahan Pengisi (*filler*)

Bahan pengisi yang di tambahkan (*filler added*) dapat berupa debu batu kapur (*limestone dust*) atau debu kapur magnesium atau dolomit yang sesuai dengan AASHTO M303-89(2014) atau semen atau abu terbang tipe C dan F yang sumbernya disetujui oleh pengawas pekerjaan. Bahan pengisi jenis semen hanya diizinkan untuk campuran beraspal panas dengan bahan pengikat jenis aspal keras Pen 60-70. Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI ASTM C136: 2012 harus mengandung bahan yang lolos ayakan No. 200 (75 micron) tidak kurang dari 75% terhadap beratnya. Bahan pengisi yang ditambahkan (*filler added*) untuk semen harus dalam rentang 1% sampai dengan 2% terhadap berat total agregat dan untuk bahan pengisi lainnya harus dalam rentang 11% sampai dengan 3% terhadap berat total agregat.

#### 2.5. *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)*

Beton aspal adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Material-material pembentuk beton aspal dicampur di instalasi pencampur pada suhu tertentu, kemudian diangkut ke lokasi, dihamparkan, dan dipadatkan. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan. Jika digunakan semen aspal, maka suhu pencampuran umumnya antara 145-155<sup>0</sup> C, sehingga disebut beton aspal campuran panas. Campuran ini dikenal pula dengan nama *hotmix*.

Lapisan Aspal Beton (Laston) adalah beton aspal bergradasi menerus yang umum digunakan untuk jalan-jalan dengan bebabn lalu lintas berat. Laston dikenal pula dengan nama *Asphalt Concrete (AC)*. Karakteristik brton aspal yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas. Tebal nominal minimum Laston 4-6 cm. sesuai fungsinya Laston dibagi menjadi 3 macam yaitu beton aspal untuk lapis aus (*wearing course*), beton aspal untuk lapisan pengikat (*binder course*), serta beton aspal untuk lapisan pondasi (*base*). Beton aspal untuk lapisan aus atau yang biasa dikenal *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* adalah lapisan perkerasan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan, merupakan lapisan yang kedap

air, tahan terhadap cuaca, dan mempunyai kekesatan yang di syaratkan. Untuk tebal nominal minimum dari *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) ini adalah 4 cm.

## 2.6. Serat Ijuk atau Aren

Enau atau aren (*Arenga pinnata*, suku *Arecaceae*) adalah palma yang terpenting setelah kelapa (nyiur) karena merupakan tanaman serba guna. Tumbuhan ini dikenal dengan berbagai nama seperti *nau*, *hanau*, *peluluk*, *biluluk*, *kabung*, *juk* atau *ijuk* (aneka nama lokal di Sumatra dan Semenanjung Malaya); *kawung*, *taren* (Sd.); *akol*, *akel*, *akere*, *inru*, *indu* (bahasa-bahasa di Sulawesi); *moka*, *moke*, *tuwa*, *tuwak* (di Nusa Tenggara), dan lain-lain.

Semua bagian dari pohon ijuk atau aren ini mempunyai berbagai manfaat mulai dari pelepah, daun, pohon, buah sampai akarnya mempunyai manfaat. Seperti halnya daun, ijuk dari pohon enau pun dipintal menjadi tali. Meski agak kaku, tali ijuk ini cukup kuat, awet dan tahan digunakan di air laut. Ijuk dapat pula digunakan sebagai bahan atap rumah, pembuat sikat dan sapu ijuk. Dari pelepah dan tangkai daunnya, setelah diolah, dihasilkan serat yang kuat dan tahan lama untuk dijadikan benang, tali pancing dan senar gitar Batak.

Adapun manfaat-manfaat dari ijuk ini bias kita lihat dibawah ini:

### 1. Tahan lama hingga ratusan tahun

Fakta ini dibuktikan dengan ditemukannya benda purbakala oleh petugas Balai Pelestarian Peninggalan Purbakala Jawa Tengah yaitu berupa tali ijuk dalam kondisi yang masih kuat, diperkirakan berasal dari peninggalan abad ke 8.

### 2. Tahan terhadap asam dan garam air laut

Serat ijuk merupakan salah satu serat yang tahan terhadap asam dan garam air laut, salah satu bentuk pengolahan dari serat ijuk adalah tali ijuk, tali ijuk ini tidak lapuk oleh asam dan garam air laut, oleh karena itu sudah sejak lama nenek moyang kita menggunakan tali ijuk ini untuk berbagai pengikat, lebih banyak di gunakan untuk pengikatan bambu baik itu di darat maupun di dalam air.

3. Mencegah penembusan rayap tanah.
4. Perisai radiasi nuklir.

## 2.7. Metode Perencanaan Campuran

Rancangan campuran bertujuan untuk mendapatkan resep campuran aspal beton dari material yang terdapat di lokasi sehingga dihasilkan campuran yang memenuhi spesifikasi. 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

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. 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 perlu mempunyai nilai stabilitas yang tinggi. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi nilai stabilitas beton aspal adalah:

- a. Gesekan internal yang dapat berasal dari kekerasan permukaan dari butir agregat, luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir, gradasi agregat, kepadatan campuran, dan tebal film aspal.
- b. Kohesi adalah gaya ikat aspal yang berasal dari daya lekatnya sehingga mampu memelihara tekanan kontak antar butir agregat. Daya kohesi terutama ditentukan oleh penetrasi aspal, perubahan viskositas akibat temperatur, tingkat pembebanan, komposisi kimiawi aspal, efek dari waktu dan umur aspal.

## 2. Keawetan atau durabilitas

Kemampuan beton aspal menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antar roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, seperti udara, air, atau perubahan temperatur. Durabilitas beton aspal dipengaruhi oleh tebalnya film atau selimut aspal, banyaknya pori dalam campuran, kepadatan dan kedap airnya campuran.

## 3. Kelenturan atau fleksibilitas

Kemampuan beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (konsolidasi/*settlement*) dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak. Penurunan terjadi akibat dari repetisi beban lalu lintas ataupun penurunan akibat berat sendiri tanah timbunan yang dibuat atas tanah asli. Fleksibilitas dapat ditingkatkan dengan mempergunakan agregat bergradasi terbuka dengan kadar aspal yang tinggi.

## 4. Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*)

Kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang akibat repetisi beban tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak. Hal ini dapat tercapai jika mempergunakan kadar aspal yang tinggi.

## 5. Kekesatan/tahan geser (*skid resistance*)

Kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir ataupun slip. Faktor-faktor untuk mendapatkan kekesatan jalan sama dengan untuk mendapatkan stabilitas yang tinggi yaitu kekerasan permukaan dari butir-butir agregat, luas bidang antar kontak antar butir atau bentuk butir, gradasi agregat, kepadatan campuran dan tebal film aspal.

## 6. Kedap air (*impermeabilitas*)

Kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara ke dalam lapisan beton aspal. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal, dan pengelupasan film/selimut aspal dari permukaan agregat. Jumlah pori yang tersisa setelah beton aspal dipadatkan dapat menjadi indikator kedap air campuran. Tingkat kedap air beton aspal berbanding terbalik dengan tingkat durabilitas.

#### 7. Mudah dilaksanakan (*workability*)

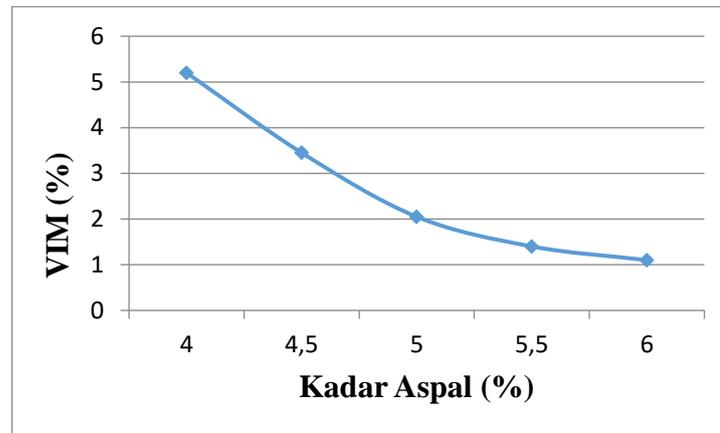
Kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihampar dan dipadatkan. Tingkat kemudahan dalam pelaksanaan, menentukan tingkat efisiensi pekerjaan. Faktor yang mempengaruhi tingkat kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah viskositas aspal, kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur, dan gradasi serta kondisi agregat.

### 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)

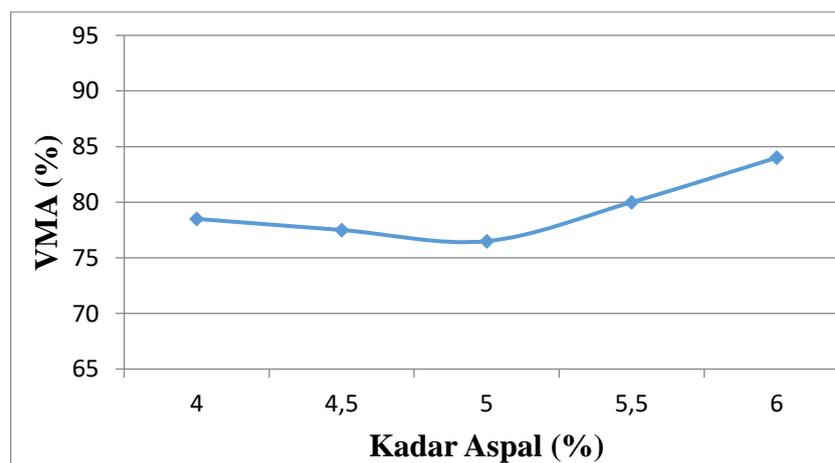
VIM adalah volume pori yang masih tersisa setelah campuran beton aspal dipadatkan. VIM juga mempunyai arti banyak pori di antara butir-butir agregat yang diselimuti aspal. VIM ini dibutuhkan untuk tempat bergesernya butir-butir agregat, akibat pemadatan tambahan yang terjadi oleh repetisi beban lalu lintas atau tempat jika aspal menjadi lunak akibat meningkatnya temperatur. VIM yang terlalu besar mengakibatkan beton aspal padat kurang kedekatan 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. Kecenderungan bentuk lengkung hubungan antara kadar aspal dan VIM akan terus menurun dengan bertambahnya kadar aspal sampai secara ultimit mencapai nilai minimum.



Gambar 2.6. Kecenderungan Bentuk Lengkung Hubungan Kadar Aspal dan VIM  
(Sumber: Beton Aspal Campuran Panas, 2007)

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

VMA merupakan volume pori di dalam beton aspal pada 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.



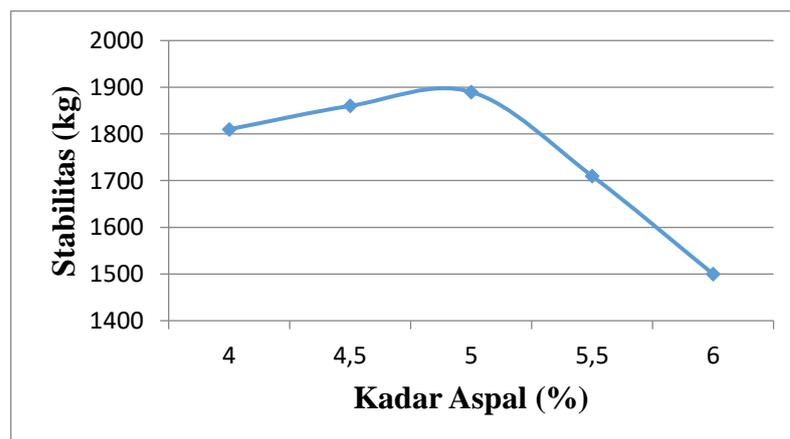
Gambar 2.7. Kecenderungan Bentuk Lengkung Hubungan Kadar Aspal dan VMA  
(Sumber: Beton Aspal Campuran Panas, 2007)

### 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. Dengan demikian, aspal yang mengisi VFA adalah aspal yang berfungsi untuk menyelimuti butir-butir agregat di dalam beton aspal padat atau dengan kata lain VFA inilah yang merupakan persentase volume beton aspal padat yang menjadi film atau selimut aspal.

### 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. Kecenderungan bentuk lengkung hubungan antara kadar aspal dan stabilitas akan meningkat jika kadar aspal bertambah, sampai mencapai nilai maksimum dan setelah itu nilai stabilitas akan menurun.

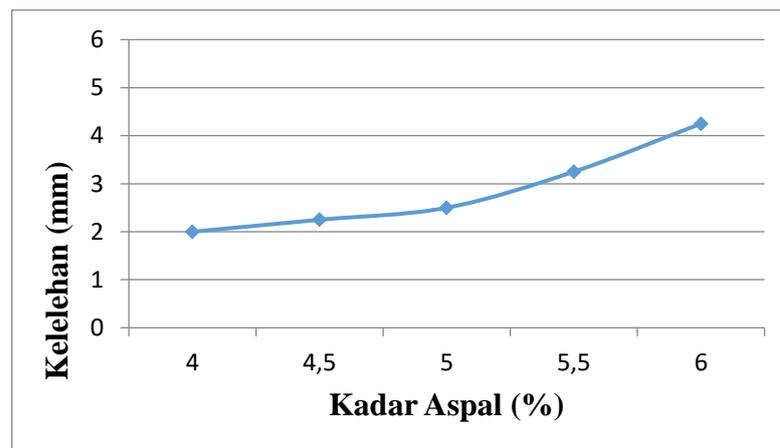


Gambar 2.8. Kecenderungan Bentuk Lengkung Hubungan Kadar Aspal dan Stabilitas

(Sumber: Beton Aspal Campuran Panas, 2007)

### 5. Kelelehan (*flow*)

Pengujian kelelehan adalah besarnya perubahan bentuk plastis dari beton aspal padat akibat adanya beban sampai batas keruntuhan. *Flowmeter* mengukur besarnya deformasi yang terjadi akibat beban. Kecenderungan bentuk lengkung hubungan antara kadar aspal dan *flow* akan terus meningkat dengan meningkatnya kadar aspal.



Gambar 2.9. Kecenderungan Bentuk Lengkung Hubungan Kadar Aspal dan *Flow*  
(Sumber: Beton Aspal Campuran Panas, 2007)

### 6. *Marshall Quotient*

*Marshall Quotient* merupakan hasil bagi *Marshall* dengan *flow*. Nilai *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 *stability* dan *flow*, penetrasi, viscositas aspal, kadar aspal campuran, bentuk dan tekstur permukaan agregat, gradasi agregat.