Bab 3 Material Konstruksi Perkerasan Lentur

3.1. TANAH DASAR

Perkerasan jalan diletakkan di atas tanah dasar, dengan demikian secara keseluruhan mutu dan daya tahan konstruksi perkerasan tak lepas dari sifat tanah dasar. Tanah dasar yang baik untuk konstruksi perkerasan jalan adalah tanah dasar yang berasal dari lokasi itu sendiri atau di dekatnya yang telah dipadatkan sampai tingkat kepadatan tertentu sehingga mempunyai daya dukung yang baik serta berkemampuan mempertahankan perubahan volume selama masa pelayanan walaupun terdapat perbedaan kondisi lingkungan dan jenis tanah setempat. Sifat masing-masing jenis tanah tergantung dari tekstur, kepadatan, kadar air, kondisi lingkungan, dan sebagainya. Untuk mempermudah mempelajari dan membicarakan sifat-sifat tanah yang akan dipergunakan sebagai bahan tanah dasar jalan, tanah itu dikelompokkan berdasarkan sifat plastisitas dan ukuran butirnya. Daya dukung tanah dasar dapat diperkirakan dengan mempergunakan hasil klasifikasi ataupun dari pemeriksaan CBR, pembebanan pelat uji dan sebagainya.

3.1.1. KLASIFIKASI TANAH

Sistem klasifikasi tanah yang umum digunakan dalam teknik jalan raya adalah sistem Unified dan sistem AASHTO.

Sistem Unified

Sistem ini dikembangkan oleh Casagrande yang pada garis besarnya membedakan tanah atas 3 (tiga) kelompok besar yaitu :

- Tanah berbutir kasar, < 50 % lolos saringan No. 200. Secara visual butir-butir tanahnya berbutir kasar dan dapat dilihat oleh mata.
- Tanah berbutir halus, > 50 % lolos saringan No. 200. Secara visual butir-butir tanahnya halus tak dapat dilihat oleh mata.
- Tanah organik, dapat dikenal dari warna, bau dan sisa tumbuh-tumbuhan yang terkandung di dalamnya.

Sifat teknis tanah berbutir kasar ditentukan oleh ukuran butir dan gradasi butirnya. Oleh karena itu tanah berbutir kasar dikelompokkan berdasarkan ukuran butir dan bentuk gradasi butir tanahnya. Tanah bergradasi baik dimana campuran antara butir-butir halus dan kasar seimbang akan memberikan kepadatan yang lebih baik dibandingkan dengan tanah berbutir seragam. Tanah berbutir halus lebih ditentukan oleh sifat plastisitas tanahnya, sehingga pengelompokan tanah berbutir halus dilakukan berdasarkan ukuran butir dan sifat plastisitas tanahnya. Tanah yang berplastisitas tinggi mempunyai daya dukung yang kurang baik dan peka terhadap perubahan yang terjadi. Klasifikasi tanah sistem Unified dilakukan dengan huruf-huruf seperti :

G : kerikil (gravel)
S : pasir (sand)
M : lanau (silt/moam)
C : lempung (clay)
W : bergradasi baik (well graded)
P : bergradasi buruk (poor graded)
U : bergradasi seragam (uniform graded)
L : plastisitas rendah (low liquid limit)
H : plastisitas tinggi (high liquid limit)
O : organik (organic).

Kombinasi dari huruf-huruf ini menggambarkan satu jenis tanah, seperti GP menunjukkan tanah kerikil dengan gradasi buruk.

A. Prosedur Klasifikasi di Laboratorium

Kelompok tanah berbutir kasar dibedakan atas :

a. Kerikil (G), untuk butir-butir tanah < 50 % lolos saringan No. 4 dan < 50 % lolos saringan No. 200.
   Kerikil dapat dibedakan atas :
   - Kerikil "bersih", sangat sedikit mengandung butir-butir halus (< 5 % lolos saringan No. 200). Kerikil "bersih" dibagi pula menjadi :
     GW, jika Cu > 4 dan Cz antara 1 dan 3
     GP, jika Cu (4 dan Cz tidak diantara 1 dan 3.
     Cu dan Cz ditentukan dari :

$$Cu = D_{60} / D_{10} \quad \text{..... (1)}$$

$$Cz = \frac{(D_{30})^2}{(D_{10})\,(D_{60})} \quad \text{..... (2)}$$

     dimana :
     D_{60} : diameter butir pada keadaan banyaknya persen yang lolos = 60 %.
     D_{30} : diameter butir pada keadaan banyaknya persen yang lolos = 30 %.
     D_{10} : diameter butir pada keadaan banyaknya persen yang lolos = 10 %.

- Kerikil bercampur cukup banyak butir-butir halus (> 12 % lolos saringan No. 200), selanjutnya dibedakan atas jenis butiran halus yang dikandungnya. GC jika jenis butiran halusnya lempung dan GM jika butiran halusnya lanau. Jenis butiran halus tersebut dapat dibedakan dengan menggunakan grafik Casagrande. Jika hubungan antara batas cair (LL) dan indeks plastisitas (PI) terletak di atas garis A dan plastisitas indeks > 7 (lihat lampiran : gambar 3.13) maka butiran halus yang dikandungnya merupakan butiran lempung (C) dan jika terletak di bawah garis A merupakan butiran lanau (M). Sedangkan jika terletak tepat pada garis A, butiran halus tersebut adalah butiran lempung dan butiran lanau, berarti jenis tanahnya GM - GC.
- Kerikil dengan sedikit butiran halus (> 5 % tetapi < 12 % lolos saringan No. 200), merupakan jenis tanah dengan dua simbol. Simbol pertama berdasarkan gradasi dan simbol kedua berdasarkan jenis butiran halus yang dikandungnya. Dengan demikian dapat dibedakan menjadi GP-GM, GP-GC, GW-GM dan GW-GC. Yang terakhir berarti butiran kecil bergradasi baik dengan butiran halus dari jenis lempung.

b. Pasir (S), butiran tanah > 50 % lolos saringan No. 4 dan < 50 % lolos saringan No. 200. Sama halnya dengan kerikil, pasir pun dapat dibedakan atas :
   - Pasir "bersih", yang terdiri atas :
     SW, jika Cu > 6 dan Cz antara 1 dan 3 serta SP jika nilai Cu dan Cz tidak memnuhi nilai untuk SW.
   - Pasir bercampur cukup banyak butiran halus (> 12 % lolos saringan No. 200), dibedakan atas SC, SM, SC-SM. Perbedaan tersebut diperoleh dengan menggunakan grafik Casagrande. C (lempung), jika hubungan antara batas cair (LL) dan indeks plastis (PI) terletak di atas garis A dan indeks plastis > 7, M (lanau) jika terletak di bawah garis A, M dan C jika terletak pada garis A.
   - Pasir yang bercampur sedikit butiran halus (> 5 % tapi < 12 % lolos saringan No. 200) merupakan tanah dengan dua simbol. Simbol pertama berdasarkan gradasi dan simbol kedua berdasarkan jenis butiran halus yang dikandungnya. Dengan demikian dapat dibedakan menjadi SP-SM, SP-SC, SW-SM dan SW-SC.

Kelompok tanah berbutir halus dapat dibedakan atas :

a. Lanau (M), merupakan jenis tanah > 50 % lolos saringan No. 200 dan terletak di bawah garis A pada grafik Casagrande yang bukan merupakan tanah organis. Tanah lanau ini dibedakan atas :
   - Tanah lanau berplastisitas rendah, ML (jika batas cair < 50 %)
   - Tanah lanau berplastisitas tinggi, MH (jika batas cair > 50 %).

b. Lempung (C), merupakan jenis tanah > 50 % lolos saringan No. 200 dan terletak di atas garis A pada grafik Casagrande dan indeks plastisitas > 7 %. Berdasarkan batas cairnya, lempung dapat dibedakan atas :
   - lempung berplastisitas rendah, CL (batas cair < 50%)
   - lempung berplastisitas tinggi, CH (batas cair > 50 %).

c. Lempung dan lanau dapat pula merupakan suatu campuran tanah yang mempunyai dua simbol, yaitu simbol lempung dan lanau berplastisitas rendah (CL-ML). Hal ini ditemukan jika indeks plastisitas tanahnya antara 4 dan 7 dan berada di atas garis A atau semua jenis tanah berbutir halus yang terletak pada garis A.

Kelompok tanah organis

Tanah organis (PT = peat/humus), merupakan jenis tanah berbutir halus yang dapat dibedakan secara visual ataupun laboratorium. Secara laboratorium dapat ditentukan jika batas cair dari contoh tanah sebelum dioven dengan batas cair dari contoh tanah yang telah dioven selama 24 jam dengan temperatur 110 °C berbeda sebanyak > 25 %. Secara visual dapat diketahui dari bau tanaman/humus dan berwarna hitam.

Bagan alir prosedur klasifikasi Sistem Unified di laboratorium ditunjukkan pada gambar 3.14 (lihat lampiran).

B. Prosedur Klasifikasi di Lapangan

Klasifikasi Sistem Unified secara visual di lapangan sebaiknya dilakukan pada setiap pengambilan contoh tanah. Hal ini berguna di samping untuk dapat menentukan pemeriksaan yang mungkin perlu ditambahkan, juga perlu sebagai pelengkap klasifikasi yang dilakukan di laboratorium serta dapat dipergunakan untuk mengontrol apakah pada contoh tanah tidak terjadi kesalahan label. Tanah lempung dan tanah lanau dapat dibedakan dengan menggunakan sifat dilantasi, kekuatan kering dan keteguhan. Klasifikasi visual dapat dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah pada Tabel 3.1. dari kiri ke kanan sebagai berikut :

Tabel 3.1. Klasifikasi Tanah Sistem Unified (Visual)

SIMBOL	PROSEDUR IDENTIFIKASI LAPANGAN (TIDAK TERMASUK PARTIKEL YANG BERUKURAN >3" DAN BERAT FRAKSINYA DIPERKIRAKAN)	KETERANGAN YANG DIPERLUKAN DALAM MENGANALISA TANAH
GW	Ukuran butirnya bervariasi dan banyak mengandung partikel berukuran sedang	Untuk tanah tidak terganggu diperlukan keterangan tambahan Seperti perlapisan, tingkat kepadatan, segmentasi, kondisi kadar air dan karakterisitik drainase. Berikan nama jelas tanahnya, perkiraan % pasir dan kerikil, ukuran butir maksimum, bentuk Butir, kondisi permukaan, kekerasan tanah berbutir kasar, nama setempat atau Nama geologi, dan keterangan lain untuk kepentingan deskripsi serta simbol huruf kapital
GP	Umumnya ukuran butirnya sama atau sedikit menagndung partikel berukuran sedang	
GM	Bahan halusnya non plastis atau plastisitasnya rendah (lihat prosedur identifikasi ML)	
GC	Bahan halusnya plastis (lihat prosedur identifikasi CL)	
SW	Ukuran butirnya bervariasi dan banyak mengandung partikel ukuran sedang	

SP	Umumnya ukuran butirnya sama atau sedikit mengandung partikel ukuran sedang			
SM	Umumnya ukuran butirnya sama atau sedikit mengandung partikel ukuran sedang			
SC	Bahan halusnya plastis (lihat prosedur identifikasi CL)			
	PROSEDUR IDENTIFIKASI UNTUK FRAKSI LEBIH HALUS DARI SARINGAN No. 4			Berikan nama jenis tanahnya, tingkat dan plastisitas jumlah dan ukuran maksimum dari tanah berbutir kasar, warna dan kondisi basah, bau bila ada, nama setempat atau nama geologi dan keterangan lainnya untuk kepentingan deskripsi serta simbol tanah dengan huruf kapital. Untuk tanah tidak terganggu diperlukan keterangan tambahan seperti struktur, pelapisan, konsistensi dalam keadaan tidak terganggu dan remasan, kondisi kadar air dan drainase.
	Kekuatan kering (karakteristik pecah) goncangan)	Dilantasi (Reaksi terhadap mendekati batas plastis)	Keteguhan (Konsistensi	
ML	Nol sampai rendah	Lambat sampai cepat	nol	
CL	Rendah sampai tinggi	lambat	sedang	
OL	Rendah sampai sedang	lambat	rendah	
MH	Rendah sampai sedang	Tidak beraksi sampai sangat lambat	Rendah sampai sedang	
CH	Tinggi sampai sangat tinggi	Tidak bereaksi	tinggi	
OH	Sedang sampai tinggi	Tidak bereaksi sampai sangat lambat	Rendah sampai sedang	
Pt	Secara langsung dapat diidentifikasi dari warna, bau. Rasanya seperti bunga karangdan seringkali teksturnya berbentuk serat			

Sistem Klasifikasi AASHTO

Menurut sistem ini tanah dibagi menjadi 8 kelompok yang diberi nama dari A-1 sampai A-8. A-8 adalah kelompok tanah organik yang pada revisi terakhir oleh AASHTO diabaikan, karena kelompok ini memang tidak stabil sebagai bahan lapisan perkerasan. Pada garis besarnya tanah dikelompokkan menjadi 2(dua) kelompok besar yaitu kelompok tanah berbutir kasar (< 35 % lolos saringan No. 200) dan tanah berbutir halus (> 35 % lolos saringan No. 200).

Kelompok tanah berbutir kasar dibedakan atas :

A-1, adalah kelompok tanah yang terdiri dari kerikil dan pasir kasar dengan sedikit atau tanpa butir-butir halus, dengan atau tanpa sifat-sifat plastis.

A-2, sebagai kelompok batas antara kelompok tanah berbutir kasar dengan tanah berbutir halus. Kelompok A-2 ini terdiri dari campuran kerikil/pasir dengan tanah berbutir halus yang cukup banyak (< 35 %).

A-3, adalah kelompok tanah yang terdiri dari pasir halus dengan sedikit sekali butir-butir halus lolos saringan No. 200 dan tidak plastis.

Kelompok tanah berbutir halus dibedakan atas :

A-4, adalah kelompok tanah lanau dengan sifat plastisitas rendah.

A-5, adalah kelompok tanah lanau yang mengandung lebih banyak butir-butir plastis, sehingga sifat plastisnya lebih besar dari kelompok A-4.

A-6, adalah kelompok tanah lempung yang masih mengandung butir-butir pasir dan kerikil, tetapi sifat perubahan volumenya cukup besar.

A-7, adalah kelompok tanah lempung yang lebih bersifat plastis. Tanah ini mempunyai sifat perubahan yang cukup besar.

Untuk dapat membedakan kemampuan memikul beban roda dari jenis tanah yang satu dengan yang lain dalam satu kelompok tanah, AASHTO mempergunakan "group indeks" yang dibuat berdasarkan asumsi sebagai berikut :

1. Semua kelompok yang termasuk dalam kelompok A-1, A-2 dan A-3 kecuali A-2-6 dan A-2-7 adalah kelompok tanah yang baik untuk tanah dasar jalan ataudapat digunakan sebagai tanah dasar jalan dengan penambahan sedikit bahan pengikat.
2. Material pada kelompok lain termasuk A-2-6 dan A-2-7 merupakan material yang kwalitasnya sebagai tanah dasar berkurang dari A-2-5 sehingga membutuhkan lapisan pondasi bawah atau penambahan tebal lapisan pondasi atas.
3. Anggapan bahwa batasan tanah berbutir halus adalah 35 % lolos saringan No. 200 dan mengabaikan sifat plastisitasnya.
4. Anggapan bahwa batas cair (liquid limit) adalah 40 %.
5. Anggapan bahwa batasan indeks plastis adalah 10 %.

Dengan berdasarkan anggapan-anggapan di atas grup indeks ditentukan dengan menggunakan rumus :

$$GI = (F-35)\{0,2 + 0,005\,(LL - 40)\} + 0,01\,(F-15)(PI - 10) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

dimana :

GI : grup indeks
F : jumlah persen lolos saringan No.200 berdasarkan material yang lolos saringan 3"
LL : batas cair
PI : indeks plastis.

Grup indeks dinyatakan dengan bilangan bulat dan dituliskan dalam kurung di belakang kelompok jenis tanahnya. Jika grup indeks yang diperoleh negatif, dituliskan sebagai bilangan nol. Jika > 20, ditulis sebagai bilangan 20, misalnya A-1-a (0). Kwalitas tanah sebagai tanah dasar konstruksi jalan berbanding terbalik dengan GI. Tanah dengan kelompok yang sama tetapi mempunyai grup indeks yang lebih kecil menunjukkan tanah yang lebih baik sebagai tanah dasar jalan. A-1-a(0) lebih baik sebagai tanah dasar dibandingkan dengan A-1-a (3).

3.1.2. KEPADATAN DAN DAYA DUKUNG TANAH

Beban kendaraan yang dilimpahkan ke lapisan perkerasan melalui roda-roda kendaraan selanjutnya disebarkan ke lapisan-lapisan di bawahnya dan akhirnya diterima oleh tanah dasar. Dengan demikian tingkat kerusakan konstruksi perkerasan selama masa pelayanan tidak saja ditentukan oleh kekuatan dari lapisan perkerasan tetapi juga oleh tanah dasar. Daya dukung tanah dasar dipengaruhi oleh jenis tanah, tingkat kepadatan, kadar air, kondisi drainase, dan lain-lain. Tanah dengan tingkat kepadatan tinggi mengalami perubahan volume yang kecil jika terjadi perubahan kadar air dan mempunyai daya dukung yang lebih besar jika dibandingkan dengan tanah yang sejenis dengan tingkat kepadatan lebih rendah. Tingkat kepdatan dinyatakan dalam persentase berat volume kering ((pk) tanah terhadap berat volume kering maksimum (pk maks). Pemeriksaan dilakukan dengan menggunakan pemeriksaan kepadatan standar (standard proctor) sesuai dengan AASHTO T99-74 atau PB-0111, atau dengan menggunakan pemeriksaan kepadatan berat (modified proctor) sesuai AASHTO T180-74 atau PB-0112-76.

Daya dukung tanah dasar (subgrade) pada perencanaan perkerasan lentur dinyatakan dengan nilai CBR (California Bearing Ratio). CBR pertama kali diperkenalkan oleh California Division of Highways pada tahun 1928. Orang yang banyak mempopulerkan metode ini adalah O.J. Porter. CBR adalah perbandingan antara beban yang dibutuhkan untuk penetrasi contoh tanah sebesar 0,1"/0,2" dengan beban yang ditahan batu pecah standar pada penetrasi 0,1"/0,2". Harganya dinyatakan dalam persen. Jadi harga CBR adalah nilai yang menyatakan kwalitas tanah dasar dibandingkan dengan bahan standar berupa batu pecah yang mempunyai nilai CBR sebesar 100 % dalam memikul beban lalu lintas.

Penentuan Besarnya CBR

Alat percobaan untuk menentukan besarnya CBR berupa alat yang mempunyai piston dengan luas 3 inch. Piston digerakkan dengan kecepatan 0,05 inch/menit secara vertikal ke bawah. Proving ring digunakan untuk mengukur beban yang dibutuhkan pada penetrasi tertentu yang diukur dengan arloji pengukur (dial). Gambar 3.15. memperlihatkan alat CBR yang digunakan di laboratorium (lihat lampiran).

Beban yang digunakan untuk melakukan penetrasi bahan standar adalah sebagai berikut:

Tabel 3.2. Beban yang dibutuhkan untuk melakukan penetrasi bahan standar

Penetrasi (inch)	Beban Standar (lbs)	Beban Standar (lbs/inch^2)
0,1	3000	1000
0,2	4500	1500
0,3	5700	1900
0,4	6900	2300
0,5	7800	2600

Dari hasil pemeriksaan dibuat suatu grafik hubungan antara beban dan penetrasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.16. (lihat lampiran). Perlu diperhatikan bentuk lengkung yang diperoleh. Jika lengkung yang diperoleh sperti lengkung 1 (awal lengkung merupakan garis lurus), maka :

$$\text{CBR } 0{,}1" = \frac{X}{(3000)} = a\ \%$$

$$\text{CBR } 0{,}2" = \frac{Y}{(4500)} = b\ \%$$

Nilai CBR adalah nilai yang terbesar antara a & b.

Jika lengkung yang diperoleh seperti lengkung 2 (awal lengkung merupakan lengkung-lengkung cekung), maka :

$$\text{CBR } 0{,}1" = \frac{X}{(3000)} = a1\ \%$$

$$\text{CBR } 0{,}2" = \frac{Y}{(4500)} = b1\ \%$$

Nilai CBR adalah nilai yang terbesar antara a1 dan b1, x1 dan y1 diperoleh dari langkah-langkah sebagai berikut :

1. Tarik garis singgung pada garis lengkung sehingga memotong sumbu absis.
2. Geser titik yang menunjukkan penetrasi 0,1" dan 0,2" ke kanan sejauh a (gambar 3.16), titik-titik tersebut menjadi titik 0,1" dan 0,2".

Jenis CBR

Berdasarkan cara mendapatkan sampel tanahnya CBR dapat dibagi atas :

- CBR lapangan
- CBR lapangan rendaman
- CBR rencana titik.

CBR Lapangan

Disebut juga CBR inplace atau field CBR, yang mempunyai fungsi sebagai berikut :

a. Mendapatkan niali CBR asli di lapangan, sesuai dengan kondisi tanah dasar saat itu. Umum digunakan untuk perencanaan tebal lapisan perkerasan yang lapisan tanah dasarnya sudah tidak akan dipadatkan lagi. Pemeriksaan dilakukan dalam kondisi kadar air tanah tinggi (musim penghujan) atau dalam kondiisi terburuk yang mungkin terjadi.
b. Untuk mengontrol apakah kepadatan yang diperoleh sudah sesuai dengan yang diinginkan. Pemeriksaan untuk tujuan ini tidak umum digunakan, lebih sering menggunakan pemeriksaan yang lain seperti sand cone, dan sebagainya.

Pemeriksaan dilakukan dengan meletakkan piston pada kedalaman dimana nilai CBR hendak ditentukan, lalu dipenetrasi dengan menggunakan beban yang dilimpahkan melalui gandar truk.

CBR Lapangan Rendaman (Undisturb Soaked CBR)

Gunanya untuk mendapatkan besarnya niali CBR asli di lapangan pada keadaan jenuh air, dan tanah mengalami pengembangan (swell) yang maksimum. Pemeriksaan dilaksanakan pada kondisi tanah dasar tidak dalam keadaan jenuh. Hal ini sering digunakan untuk menentukan daya dukung tanah di daerah yang lapisan tanah dasarnya sudah tidak akan dipadatkan lagi, terletak di daerah yang badan jalannya sering terendam air pada musim hujan dan kering pada musim kemarau. Pemeriksaannya dilakukan pada musim kemarau, dengan cara mengambil contoh tanah dalam mold yang ditekan masuk ke dalam tanah mencapai kedalaman yang diinginkan. Mold berisi contoh tanah dikeluarkan dan direndam dalam air selama 4 (empat) hari sambil diukur pengembangannya (swelling). Setelah pengembangan tidak terjadi lagi barulah dilaksanakan pemeriksaan CBR.

CBR Rencana Titik

Disebut juga CBR laboratorium atau design CBR. Tanah dasar (subgrade) pada konstruksi jalan baru merupakan tanah asli, tanah timbunan, atau tanah galian yang sudah dipadatkan sampai mencapai kepadatan 95 % kepadatan maksimum. Dengan demikian daya dukung tanah dasar tersebut merupakan kemampuan lapisan tanah memikul beban setelah tanah tersebut dipadatkan. Berarti nilai CBR nya adalah nilai CBR yang diperoleh dari contoh tanah yang dibuatkan mewakili keadaan tanah tersebut setelah dipadatkan. CBR ini disebut CBR rencana titik dan karena disiapkan di laboratorium, disebut juga CBR laboratorium. CBR laboratorium dapat dibedakan atas 2 (dua) macam yaitu CBR labotratorium rendaman (soaked design CBR) dan CBR laboratorium tanpa rendaman (unsoaked design CBR). Faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam penyiapan contoh tanah adalah :

1. Jenis tanah dasar itu sendiri, apakah tanah berbutir halus dengan plastisitas rendah, tanah berbutir halus dengan plastisitas tinggi atau tanah berbutir kasar. Hal ini sehubungan dengan sifat tanah tersebut dalam menahan air dan efeknya terhadap pengembangan.

2. Elevasi rencana dari tanah dasar itu sendiri, apakah pada tanah galian, tanah timbunan atau sesuai dengan muka tanah asli. Contoh tanah diambil dari bagian tanah yang direncanakan sebagai lapisan tanah dasar (subgrade) berarti contoh tanah berasal dari :
   a. Permukaan tanah tersebut jika tanah dasar tanah asli
   b. Material yang nantinya akan digunakan sebagai bahan timbunan jika tanah dasar di atas tanah timbunan
   c. Berasal dari lubang bor atau test-pit yang mencapai elevasi yang direncanakan jika tanah dasar adalah tanah galian. Pada galian yang cukup dalam dimana contoh tanah diperoleh dengan pemboran, besarnya CBR ditentukan secara empiris.
3. Tinggi muka air tanah ditinjau dari elevasi tanah dasar. Hal ini sehubungan dengan jenis pemeriksaan yang akan dilakukan.
4. Fasilitas drainase yang akan disediakan, sehubungan dengan kadar air tanah di musim hujan.
5. Peralatan pemadatan yang nanti akan digunakan, sehubungan dengan energi yang dipergunakan untuk penyiapan contoh tanah dasar.
6. Curah hujan pada lokasi, mempengaruhi tinggi muka air tanah dan fasilitas drainase, berarti mempengaruhi jenis pemeriksaan yang dilakukan.

Dari uraian di atas terlihat bahwa faktor-faktor tersebut di atas berkaitan dengan kadar air yang mungkin akan terjadi selama umur rencana jalan dan besarnya energi yang akan diberikan pada saat pemadatan penyiapan tanah dasar. Pemeriksaan CBR mengikuti AASHTO T193 atau mengikuti modifikasi-modifikasi yang ada.

Menaksir Harga CBR Secara Empiris

Pada tanah dasar rencana yang merupakan tanah dasar galian yang cukup dalam, pengambilan contoh tanah sebanyak yang dibutuhkan untuk pemeriksaan CBR sulit diperoleh. Contoh tanah biasanya diperoleh dengan menggunakan alat bor. Untuk itu penentuan besarnya nilai CBRrencana dapat dilakukan dengan menggunakan cara empirisyang hanya berdasarkan analisa butir dan sifat plastisitas tanah. Tetapi data CBR ini hanyalah merupakan perkiraan yang selalu harus diamati pada tahap pelaksanaan. Perkiraan nilai CBR berdasarkan klasifikasi tanah dapat dilihat pada gambar 3.17. (lihat lampiran).

CBR Rencana Rendaman

Berdasarkan hasil analisa butir dan sifat plastisitas tanah, CBR rencana rendaman (soaked design CBR) dapat ditentukan dengan menggunakan rumus yang diambil dari NAASRA sebagai berikut :

1. $\log C_s = 1{,}7 - 0{,}005\ P_{0{,}425} + 0{,}002\ P_{0{,}075} - L\ (0{,}02 + 0{,}0004\ P_{0{,}075})$ ..... (4)

2. $\log C_s = 1{,}9 - 0{,}004\ P_{2{,}36} - 0{,}005\ P_{0{,}425} + \frac{P_{0{,}075}}{P_{0{,}425}} \left[\frac{5{,}2 - 0{,}5\ P_{0{,}075}}{P_{0{,}425}} \right]^{10^{-3}} - 0{,}01\ I$ ..... (5)

dimana :

C_s = CBR rendaman
$P_{2,36}$ = persen lolos saringan 2,36 mm
$P_{0,425}$ = persen lolos saringan 0,425 mm
$P_{0,075}$ = persen lolos saringan 0,075 mm
L = batas susut (shrinkage limit), dalam %
I = indeks plastisitas, dalam %.

Dari kedua persamaan di atas dapat diperoleh CBR tanah dasar yang akan digunakan untuk perencanaan dengan menggunakan rumus :

Css = (3 Cs min + Cs maks) 0,25 ..... (6)

dimana :

Css = nilai CBR rendaman yang digunakan untuk perencanaan
Cs min = harga terendah dari nilai yang diperoleh pada pers (4) dan (5)
Cs maks = harga tertinggi dari nilai yang diperoleh pada pers (4) dan (5).

Menentukan Nilai CBR Lapangan dengan Menggunakan Data DCP

Nilai CBR lapangan dapat juga diperoleh dengan menggunakan hasil pemeriksaan Dynamic Cone Penetrometer (DCP) yang mulai dipergunakan di Indonesia sejak tahun 1985/1986. Pemeriksaan dengan alat DCP menghasilkan data kekuatan tanah sampai kedalaman 90 cm di bawah tanah dasar. Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat seperti pada gambar 3.20 (lihat lampiran). Pemberat seberat 20 lb (9,07 kg) dijatuhkan dari ketinggian 20 inch (50,80) cm) melalui sebuah tiang berdiameter 5/8 inch (16 mm). Ujung baja berbentuk kerucut dengan luas 0,5 sq.inch (1,61 cm2) bersudut 300 atau 600. Di Indonesia umumnya digunakan 300.

Hasil pemeriksaan dinyatakan dengan :

1. Penetrabilitas Skala Penetrometer (SPP), yaitu mudah atau tidaknya melakukan penetrasi ke dalam tanah, yang dinyatakan dalam cm/tumbukan.
2. Tahanan Penetrasi Skala (SPR), yaitu sukar atau tidaknya melakukan penetrasi ke dalam tanah yang dinyatakan dalam tumbukan/cm.

$$SPR = \frac{1}{SPP}$$

Data lapangan umumnya dinyatakan dalam SPP, tetapi dalam analisa data dipergunakan SPR. Korelasi dengan nilai CBR diperoleh dengan mempergunakan kertas transparan seperti

pada gambar 3.19. Kertas transparan tersebut digeser-geserkan dengan tetap menjaga sumbu grafik pada kedua gambarsejajar sehingga diperoleh garis komulatif tumbukan berimpit dengan salah satu garis pada kertas transparan (lihat gambar 3.18 pada lampiran). Nilai yang ditunjukkan oleh garis tersebut merupakan nilai CBR lapangan pada kedalaman tersebut. Tetapi korelasi ini sebaiknya dibandingkan dengan hasil yang diperoleh dari hasil pengujian CBR dengan nilai DCP yang berdekatan dengan lokasi dimana CBR tersebut dilaksanakan.

3.2. AGREGAT

Agregat (aggregate) didefenisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan solid. ASTM (1974) mendefenisikan agregat/batuan sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa massa berukuran besar ataupun berupa fragmen-fragmen. Agregat/ batuan merupakan komponen utama dari perkerasan jalan yang mengandung 90 - 95 % agregat berdasarkan persentase berat atau 75 - 85 % agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian daya dukung, keawetan dan mutu perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain.

3.2.1. Klasifikasi Agregat

A. Ditinjau dari **Asal Kejadiannya**, agregat/batuan dapat dibedakan atas batuan beku (igneous rock), batuan sedimen dan batuan metamorf (batuan malihan).

Batuan Beku (Igneous Rock)

Igneous rock adalah batuan yang berasal dari magma yang mendingin dan membeku, yang dapat dibedakan atas batuan beku luar (extrusive igneous rock) dan batuan beku dalam (intrusive igneous rock). Batuan beku luar dibentuk dari material yang keluar ke permukaan bumi di saat gunung berapi meletus yang akibat pengaruh cuaca mengalami pendinginan dan membeku. Umumnya berbutir halus seperti batu apung, andesit, basalt, obsidian dan sebagainya. Batuan beku dalam dibentuk dari magma yang tidak dapat keluar ke permukaan bumi. Magma mengalami pendinginan dan membeku secara perlahan-lahan, bertekstur kasar dan dapat ditemui di permukaan bumi karena proses erosi dan gerakan bumi. Batuan beku jenis ini antara lain granit, gabbro, diorit, dan sebagainya.

Batuan Sedimen

Sedimen dapat berasal dari campuran partikel mineral, sisa-sisa hewan dan tanaman. Pada umumnya merupakan lapisan-lapisan pada kulit bumi, hasil endapan di danau, laut dan sebagainya. Berdasarkan cara pembentukannya, batuan sedimen dapat dibedakan atas :

1. Batuan sedimen yang dibentuk secara mekanik lempung, dan lain-lain. Batuan ini banyak mengandung silica.
2. Batuan sedimen yang dibentuk secara organis seperti batu gamping, batu bara, opal dan lain-lain.
3. Batuan sedimen yang dibentuk secara kimiawi seperti batu gamping, garam, gips, flint, dan sebagainya.

Batuan Metamorf

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

B. Berdasarkan **Proses Pengolahannya**, agregat yang dipergunakan pada perkerasan lentur dapat dibedakan atas agregat alam, agregat yang mengalami proses pengolahan terlebih dahulu dan agregat buatan.

Agregat Alam

Agregat yang dipergunakan sebagaimana bentuknya di alam atau dengan sedikit proses pengolahan dinamakan agregat alam yang terbentuk melalui proses erosi dan degradasi. Bentuk partikel dari agregat alam ditentukan dari proses pembentukannya. Aliran air sungai membentuk partikel-partikel bulat dengan permukaan yang licin. Degradasi agregat di bukit-bukit membentuk partikel-partikel yang bersudut dengan permukaan yang kasar. Dua bentuk agregat alam yang serung dipergunakan adalah kerikil dan pasir. Kerikil adalah agregat dengan ukuran partikel > 1/4 inch (6,35 mm), pasir adalah agregat dengan dengan ukuran partikel < 1/4 inch tetapi lebih besar dari 0,075 mm (saringan No. 200). Berdasarkan tempat asalnya agregat alam dapat dibedakan atas pitrun yaitu agregat yang diambil dari tempat terbuka di alam dan bankrun yaitu agregat yang berasal dari sungai (endapan sungai).

Agregat yang Melalui Proses Pengolahan

Di gunung-gunung atau di bukit-bukit sering ditemui agregat masih berbentuk gunung, sehingga diperlukan proses pengolahan terlebih dahulu sebelum dapat digunakan sebagai agregat konstruksi perkerasan jalan. Di sungai sering juga diperoleh agregat berbentuk besar-besar melebihi ukuran yang diinginkan. Agregat ini harus melalui proses pemecahan terlebih dahulu supaya diperoleh bentuk partikel bersudut (diusahakan berbentuk kubus), permukaan partikel yang kasar sehingga mempunyai gesekan yang baik serta gradasi sesuai yang diinginkan. Proses pemecahannya sebaiknya menggunakan mesin pemecah batu (stone crusher) sehingga ukuran agregat yang dihasilkan dapat terkontrol, berarti gradasi yang diharapkan dapat dicapai sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan.

Agregat Buatan

Yang dimaksud dengan agregat buatan di sini adalah agregat yang merupakan mineral filler (partikel dengan ukuran < 0,075 mm), diperoleh dari hasil sampingan pabrik-pabrik semen dan mesin pemecah batu (*stone crusher*).

C. Berdasarkan Ukuran Partikel-Partikelnya, agregat dapat dibedakan atas :
   - Agregat kasar, yaitu agregat > 4,75 mm menurut ASTM atau > 2 mm menurut AASHTO.
   - Agregat halus, yaitu agregat < 4,75 mm menurut ASTM atau < 2 mm dan > 0,075 mm menurut AASHTO.
   - Abu batu/mineral filler, yaitu agregat halus yang umumnya lolos saringan No. 200.

3.2.2. Sifat Agregat

Sifat dan kwalitas agregat menentukan kemampuannya dalam memikul beban lalu lintas. Agregat dengan kwalitas dan sifat yang baik dibutuhkan untuk lapisan permukaan yang langsung menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya. Sifat agregat yang menentukan kwalitasnya sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga) kelompok yaitu :

1. Kekuatan dan keawetan (strength and durability) lapisan perkerasan dipengaruhi oleh gradasi, ukuran maksimum, kadar lempung, kekerasan dan ketahanan (toughness and durability) bentuk butir serta tekstur permukaan.
2. Kemampuan dilapisi aspal dengan baik, yang dipengaruhi oleh porositas, kemungkinan basah dan jenis agregat yang digunakan.
3. Kemudahan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang nyaman dan aman, yang dipengaruhi oleh tahanan geser (skid resistance) serta campuran yang memberikan kemudahan dalam pelaksanaan (bituminous mix workability).

Gradasi dan Ukuran Maksimum

Gradasi

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. Gradasi agregat diperoleh dari hasil analisa sringan dengan menggunakan 1 set saringan dimana saringan yang paling kasar diletakkan di atas dan yang paling halus terletak paling bawah. 1 set saringan dimulai dari pan dan diakhiri dengan tutup. Analisa saringan dapat dilakukan dengan menggunakan analisa kering atau analisa basah. Analisa kering mengikuti AASHTO T27-82 sedangkan analisa basah mengikuti AASHTO T11-82. Analisa basah umum digunakan jika agregat yang akan disaring mengandung butir-butir halus sehingga fraksi butir-butir halus dapat terdeteksi dengan baik. Jika agregat kasar itu "bersih", tidak/ sedikit sekali mengandung butir halus dapat digunakan analisa kering. Gradasi agregat dapat dibedakan atas :

1. Gradasi seragam (uniform graded), adalah agregat dengan ukuran yang hampir sama/ sejenis atau mengandung agregat halus yang sedikit jumlahnya sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat. Gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka. Agregat

dengan gradasi seragam akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan sifat permeabilitas tinggi, stabilitas kurang, dan berat volume kecil.

2. Gradasi rapat (dense graded), merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang berimbang sehingga dinamakan juga agregat bergradasi baik (well graded). Agregat dinamakan bergradasi baik jika persen yang lolos setiap tapis dari sebuah gradasi memenuhi :

$$P = 100\left[\frac{d}{D}\right]^{0,45}$$

dimana :

P = persen lolos saringan dengan bukaan d mm

d = ukuran agregat yang sedang diperhitungkan

D = ukuran maksimum partikel dalam gradasi tersebut.

Agregat dengan gradasi rapat akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan stabilitas tinggi, kurang kedap air, sifat drainase jelek, dan berat volume besar.

3. Gradasi buruk (poorly graded), merupakan campuran agregat yang tidak memenuhi 2 kategori di atas. Agregat bergradasi buruk yang umum digunakan untuk lapisan perkerasan lentur yaitu gradasi celah (gap graded), merupakan campuran agregat dengan satu fraksi hilang, sering disebut juga gradasi senjang. Agregat dengan gradsi senjang akan menghasilkan lapisan perkerasan yang mutunya terletak antara kedua jenis di atas.

Sifat-sifat yang dimiliki oleh ketiga gradasi tersebut di atas dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut ini.

Tabel 3.3. Sifat-sifat beberapa jenis agregat

Gradasi Seragam *(Uniform Graded)*	**Gradasi Baik** *(Dense Graded)*	**Gradasi Jelek** *(Poorly Graded)*
– kontak antar butir baik	– kontak antar butir baik	- kontak antar butir jelek
– Kepadatan bervariasi tergantung dari segregasi yang terjadi	– Seragam dan kepadatan tinggi	- Seragam tetapi kepadatan jelek
– Stabilitas dalam keadaan terbatasi (confined) tinggi	– Stabilitas tinggi	– Stabilitas sedang

Gradasi Seragam *(Uniform Graded)*	Gradasi Baik *(Dense Graded)*	Gradasi Jelek *(Poorly Graded)*
– Stabilitas dalam keadaan lepas rendah	– Kuat menahan deformasi	– Stabilitas sangat rendah dalam keadaan basah
– Sulit dipadatkan	– Sukar sampai sedang dalam usaha untuk memadatkannya	– Mudah dipadatkan
– Mudah diresapi air	– Tingkat permeabilitas cukup	– Tingkat permeabilitas rendah
– Tidak dipengaruhi oleh bervariasinya kadar air	– Pengaruh variasi kadar air cukup	– Sangat dipengaruhi oleh bervariasinya kadar air

Ukuran Maksimum Partikel Agregat

Semua lapisan perkerasan lentur membutuhkan agregat yang terdistribusi dari besar sampai kecil, semakin besar ukuran maksimum partikel agregat yang 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 :

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

Disamping keuntungan tersebut di atas, pemakaian agregat dengan ukuran besar memberikan sifat-sifat yang kurang baik antara lain :

- Kemudahan pelaksanaan pekerjaan berkurang
- Segregasi bertambah besar
- Mungkin terjadi gelombang melintang (raveling).

Terdapat 2 (dua) cara untuk menyatakan ukuran partikel agregat yaitu dengan :

- Ukuran maksimum, merupakan ukuran tapis/ayakan terkecil dimana agregat tersebut lolos 100 %.
- Ukuran nominal maksimum, merupakan ukuran tapis terbesar dimana agregat tertahan tapis tidak lebih dari 10 %.

Perbedaan kedua ukuran tersebut dapat diilustrasikan dengan contoh sebagai berikut :

Dari contoh agregat yang akan dipergunakan untuk campuran lapisan perkerasan diperoleh data bahwa partikel agregat 100 % lolos saringan 1". Partikel terbesar tertahan

saringan 3/4" yang diletakkan di bawah saringan 1". Dikatakan bahwa ukuran maksimum agregat adalah 1" dan ukuran nominal maksimum adalah 3/4".

Kadar Lempung

Lempung mempengaruhi mutu campuran agregat dengan aspal karena :

- Lempung membungkus partikel-partikel agregat sehingga ikatan antara agregat dan aspal berkurang.
- 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 yaitu lepasnya ikatan antara aspal dan agregat.
- Tipisnya lapisan aspal mengakibatkan lapisan mudah teroksidasi sehingga lapisan cepat rapuh/getas.
- Lempung cenderung menyerap air yang berakibat hancurnya lapisan aspal.

Penentuan kadar lempung yang terdapat dalam campuran agregat umumnya dilakukan dengan cara :

- **Atterberg Limit**, dilakukan untuk campuran agregat tanpa bahan pengikat. Atterberg limit yang umum dipergunakan adalah batas cair yang mengikuti prosedur PB-0109-76 atau AASHTO T89-81 dan Indeks Plastis mengikuti prosedur PB-0110-76 atau AASHTO T-90-81, dilakukan untuk contoh tanah lolos saringan No. 40 dengan menggunakan alat Cassagrande (lihat lampiran, gambar 3.23.).
- **Sand Equivalent Test**, dilakukan untuk partikel agregat yang lolos saringan No. 4 sesuai prosedur AASHTO T176-73 (1982) dengan menggunakan tabung dari kaca. Contoh tanah sebanyak 150 gr dimasukkan ke dalam larutan CaCl2 dan diendapkan selama 10 menit. Selanjutnya tabung yang telah ditutup dengan tutup karet tersebut dikocok dalam arah mendatar sebanyak 90 kali. Larutan ditambah sampai skala 15 dan dibiarkan selama 20 menit. Setelah itu dibaca skala pasir dan skala lumpur.

$$\text{Nilai SE} = \frac{skala\ pasir}{skala\ lumpur} \times 100\%$$

Nilai sand equivalent dari partikel agregat yang dapat dipergunakan untuk bahan konstruksi perkerasan jalan adalah > 50 %.

Daya Tahan Agregat

Daya tahan agregat adalah ketahanan agregat untuk tidak hancur/pecah oleh pengaruh mekanis ataupun hujan. Degradasi didefenisikan sebagai kehancuran agregat menjadi partikel-partikel yang lebih kecil akibat gaya yang diberikan pada waktu penimbunan, pemadatan ataupun oleh beban lalu lintas. Sedangkan disintegrasi didefenisikan 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 :

- Gradasi, gradasi terbuka (open graded) mempunyai tingkat degradasi yang lebih besar dibandingkan dengan gradasi rapat (dense graded).
- Jenis agregat, agregat yang lunak mengalami degradasi yang lebih besar dari agregat yang lebih keras.
- Energi pemadatan, degradasi akan terjadi lebih besar pada pemadatan dengan menggunakan energi pemadatan yang lebih besar.
- Ukuran partikel, partikel yang lebih kecil mempunyai tingkat degradasi yang lebih kecil dibandingkan dengan partikel besar.
- Bentuk partikel, partikel bulat akan mengalami degradasi yang lebih besar daripada yang berbentuk kubus (bersudut).

Penentuan Tingkat Ketahanan

Ketahanan agregat terhadap degradasi (penghancuran) diperiksa dengan menggunakan percobaan Abrasi Los Angeles (Abrasion Los Angeles Test), berdasarkan PB-0206-76, AASHTO T96-77 (1982). Pemeriksaan dilakukan dengan menggunakan mesin Los Angeles yang dapat dilihat pada lampiran-gambar 3.21. Agregat yang telah disiapkan sesuai gradasi dan berat yang ditetapkan, dimasukkan bersama bola-bola baja ke dalam mesin Los Angeles, lalu diputar dengan kecepatan 30 - 33 rpm selama 500 putaran. Nilai akhir dinyatakan dalam persen yang merupakan hasil perbandingan antara berat benda uji semula dengan berat benda uji tertahan saringan No. 12. Nilai tinggi menunjukkan banyaknya benda uji yang hancur akibat putaran alat yang mengakibatkan tumbukan dan gesekan antara partikel dengan bola-bola baja. Nilai abrasi > 45 % menunjukkan agregat tidak mempunyai kekerasan cukup untuk digunakan sebagai bahan/material lapisan perkerasan. Nilai abrasi < 30 % menunjukkan bahwa agregat tersebut baik sebagai bahan lapis penutup. Nilai abrasi < 40 %, baik sebagai bahan lapis permukaan dan lapisan pondasi atas. Sedangkan nilai abrasi < 50 % menunjukkan bahwa agregat tersebut dapat digunakan sebagai bahan lapisan lebih bawah.

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

Bentuk dan Tekstur Agregat

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

- **Bulat (*rounded*)**, Agregat yang dijumpai di sungai pada umumnya telah mengalami pengikisan oleh air sehingga umumnya berbentuk bulat. Partikel agregat bulat saling bersentuhan dengan luas bidang kontak kecil sehingga menghasilkan daya penguncian (interlocking) yang lebih kecil dan lebih mudah tergelincir. Lihat lampiran-Gbr. 3.22.
- **Lonjong (*elongated*)**, Partikel agregat berbentuk lonjong dapat dapat ditemui di sungai-sungai atau bekas endapan sungai. Agregat dikatakan lonjong jika ukuran terpanjangnya > 1,8 kali diameter rata-rata. Indeks kelonjongan (elogated index) adalah perbandingan dalam persen dari berat agregat lonjong terhadap berat total. Sifat interlockingnya hampir sama dengan yang berbentuk bulat.
- **Kubus (*cubical*)**, Partikel berbentuk kubus merupakan bentuk agregat hasil dari mesin pemecah batu (stone crusher) yang mempunyai bidang kontak yang lebih luas, karena berbentuk bidang rata sehingga memberikan interlocking 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.
- **Pipih (*flaky*)**, Partikel agregat berbentuk pipih dapat merupakan hasil dari mesin pemecah batu ataupun memang merupakan sifat dari agregat tersebut yang jika dipecahkan cenderung berbentuk pipih. Agregat dikatakan pipih jika lebih tipis dari 0,6 kali diameter rata-rata. Indeks kepipihan (flakiness index) adalah berat total agregat yang lolos slot dibagi dengan berat total agregat yang tertahan pada ukuran nominal tersebut. 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 disyaratkan.
- **Tak Beraturan (*Irregular*)**, Partikel agregat yang tidak beraturan, tidak mengikuti salah satu yang telah disebutkan di atas. Gesekan yang timbul antar partikel juga menentukan stabilitas dan daya dukung dari lapisan perkerasan. Besarnya gesekan dipengaruhi oleh jenis permukaan agregat yang dapat dibedakan atas agregat yang permukaannya kasar (*rough*), agregat yang permukaannya halus (*smooth*), agregat yang permukaannya licin dan mengkilap (*glassy*) dan agregat yang permukaannya berpori (*porous*). Gesekan timbul terutama pada partikel-partikel yang permukaannya kasar, sudut geser dalam antar partikel bertambah besar dengan semakin bertambah kasarnya permukaan agregat. Disamping itu agregat yang lebih kasar lebih mampu menahan deformasi yang timbul dengan menghasilkan ikatan antar partikel yang lebih kuat. Pada campuran dengan aspalpun ikatan antara partikel-partikel dan lapisan aspal lebih baik pada permukaan kasar dibandingkan dengan permukaan halus. Agregat berpori akan menyerap aspal lebih banyak sehingga aspal yang menyelimuti agregat aksan lebih tipis dan menyebabkan cepat lepasnya ikatan antara agregat dengan aspal, disamping itu agregat berpori umumnya lebih mudah pecah/hancur.

Daya Lekat Terhadap Aspal (*Affinity for Asphalt*)

Faktor yang mempengaruhi lekatan aspal dan agregat dapat dibedakan ata 2 (dua) bagian yaitu :

1. Sifat mekanis yang tergantung dari :
   - pori-pori dan absorpsi
   - bentuk dan tekstur permukaan
   - 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 terserap yang berakibat lapisan aspal menjadi tipis. Banyaknya pori-pori ditentukan dari banyaknya air yang dapat terabsorbsi oleh agregat.

$$\text{Penyerapan (absorbsi)} = \frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$$

dimana :

Bk : berat benda uji kering oven

Bj : berat benda uji kering permukaan jenuh.

Air yang telah diserap oleh agregat sukar untuk dihilangkan seluruhnya walaupun melalui proses pengeringan sehingga mempengaruhi daya lekat aspal dengan agregat. Oleh karena itu besarnya absorbsi 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 licin. Disamping hal tersebut di atas, daya lekatan dengan aspal juga dipengaruhi oleh sifat agregat terhadap air. Granit dan batuan yang mengandung silica merupakan agregat yang bersifat hydrophilic yaitu agregat yang senang terhadap air. Agregat demikian tidak baik untuk digunakan sebagai bahan campuran dengan aspal, karena mudah terjadi stripping yaitu lepasnya lapisan aspal dari agregat akibat pengaruh air. Sebaliknya agregat seperti diorit-andesit disebut agregat hydrophobic, yaitu agregat yang tidak mudah terikat dengan air sehingga ikatan antara aspal dengan agregat cukup baik dan stripping yang terjadi kecil sekali. Pemeriksaan terhadap daya lekat agregat dengan aspal dilakukan dengan percobaan stripping mengikuti PB 0205-76 atau AASHTO T182-82 yang dinyatakan dalam persentase luas permukaan batuan yang tertutup aspal terhadap seluruh luas permukaan. Nilai kelekatan agregat terhadap aspal untuk bahan campuran dengan aspal minimal 95 %.

Berat Jenis (*Spesific Gravity*)

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 besar sehingga dengan berat yang sama membutuhkan jumlah aspal yang lebih banyak. Disamping itu agregat dengan kadar pori besar membutuhkan jumlah aspal yang banyak.

Berdasarkan manual PB 0202-76 atau AASHTO T85-81, penentuan berat jenis agregat dapat dibagi atas 3 (tiga) jenis yaitu :

1. Berat Jenis Bulk (Bulk Specific Gravity)
   Adalah berat jenis dimana volume yang diperhitungkan adalah seluruh volume pori yang ada (volume pori yang dapat diresapi air dan volume pori yang tidak dapat diresapi air).

$$\text{Bulk SG} = \frac{Ws}{(Vp + Vi + Vs)\,\gamma w}$$

dimana :

Vp : volume pori yang dapat diresapi air
V : volume total dari agregat
Vi : volume pori yang tidak dapat diresapi air
Vs : volume partikel agregat
Ws : berat kering partikel agregat
γ w : berat volume air.

Jika dianggap aspal hanya menyelimuti bagian luar dari agregat maka digunakan bulk specific gravity.

2. Berat Jenis Apparent (*Apparent Specific Gravity*)

Jika volume yang diperhitungkan adalah volume partikel dan bagian yang dapat diresapi air, maka disebut berat jenis apparent. Penggunaan berat jenis ini dalam perhitungan jika dianggap aspal meresapi seluruh bagian agregat yang dapat diresapi oleh air.

$$\text{Apparent SG} = \frac{Ws}{(Vs + Vi)\,\gamma w}$$

3. Berat Jenis Efektif (Effective Specific Gravity)

Pada kenyataannya aspal yang digunakan secara normal hanya akan meresapi sebagian dari pori yang dapat diresapi oleh air, dengan demikian sebaiknya menggunakan berat jenis efektif.

$$\text{Effective SG} = \frac{Ws}{(Vs + Vc + Vi)}$$

3.3. ASPAL

Aspal didefenisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan sampai suatu temperatur tertentu aspal dapat menjadi lunak (cair) sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau dapat masuk ke dalam pori-pori yang ada pada penyemprotan/ penyiraman pada perkerasan macadam ataupun pelaburan. Jika temperatur mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (sifat termoplastis). Sebagai salah satu material konstruksi perkerasan lentur, aspal merupakan salah satu komponen kecil umumnya hanya 4 - 10 % berdasarkan berat atau 10 - 15 % berdasarkan volume, tetapi merupakan komponen yang relatif mahal.

Hydrocarbon adalah bahan dasar utama dari aspal yang umum disebut bitumen, sehingga aspal sering juga disebut bitumen. Aspal yang umum digunakan saat ini terutama berasal dari salah satu hasil proses destilasi minyak bumi dan disamping itu mulai banyak pula dipergunakan aspal alam yang berasal dari Pulau Buton. Aspal minyak yang digunakan untuk konstruksi perkerasan jalan merupakan proses hasil residu dari destilasi minyak bumi yang sering disebut sebagai aspal semen. Aspal semen bersifat mengikat agregat pada campuran aspal beton dan memberikan lapisan kedap air, serta tahan terhadap asam, basa dan garam. Ini berarti jika dibuatkan lapisan dengan mempergunakan aspal sebagai pengikat dengan mutu yang baik dapat memberikan lapisan kedap air dan tahan terhadap pengaruh cuaca dan reaksi kimia yang lain. Sifat aspal akan berubah akibat panas dan umur, aspal akan menjadi kaku dan rapuh dan akhirnya daya adhesinya terhadap partikel agregat akan berkurang. Perubahan ini dapat diatasi (dikurangi) jika sifat-sifat aspal dikuasai dan dilakukan langkah-langkah yang baik dalam proses pelaksanaan.

3.3.1. Proses Destilasi Minyak Bumi

Aspal merupakan proses lanjutan dari residu hasil destilasi minyak bumi. Bensin (gasoline), minyak tanah (kerosine), solar (minyak diesel) merupakan hasil destilasi pada temperatur yang berbeda-beda. Setiap minyak bumi yang diproses menghasilkan residu yang terdiri dari bahan dasar aspal yang berbeda yaitu :

- Bahan dasar aspal (asphaltic base crude oil)
- Bahan dasar parafin (parafin base crude oil)
- Bahan dasar campuran (mixed base crude oil).

Bahan dasar parafin kurang mengandung bitumen, demikian juga bahan dasar campuran dimana kandungan kadar aspalnya rendah. Untuk perkerasan jalan umumnya digunakan aspal yang diperoleh dari bahan dasar aspal.

3.3.2. Jenis Aspal

Berdasarkan cara diperolehnya aspal dapat dibedakan atas :

1. Aspal alam, dapat dibedakan atas :

- Aspal gunung (rock asphalt), misalnya aspal dari Pulau Buton.
- Aspal danau (lake asphalt), misalnya aspal dari Bermuda, Trinidad.

2. Aspal buatan, yang terdiri atas :
   - Aspal minyak, merupakan hasil penyulingan minyak bumi.
   - Tar, merupakan hasil penyulingan batu bara. Tidak umum digunakan sebagai bahan perkerasan jalan karena lebih cepat mengeras, peka terhadap perubahan temperatur dan beracun.

Aspal Minyak (*Petroleum Asphalt*)

Aspal minyak dengan bahan dasar aspal dapat dibedakan atas :

1. Aspal keras/panas (asphalt cement, AC), adalah aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan panas. Aspal ini berbentuk padat pada keadaan penyimpanan (suhu kamar).
2. Aspal dingin/cair (cut back asphalt), adalah aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan dingin.
3. Aspal emulsi (emulsion asphalt), adalah aspal yang disediakan dalam bentuk emulsi. Dapat digunakan dalam keadaan dingin ataupun panas. Aspal emulsi dan cutback asphalt umumnya digunakan pada campuran dingin atau pada penyemprotan dingin.

Aspal Keras/Cement (AC)

Aspal semen pada temperatur ruang (25 °C - 30 °C) berbentuk padat. 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 °C ataupun berdasarkan nilai viskositasnya. Di Indonesia, aspal semen biasanya dibedakan berdasarkan nilai penetrasinya sebagai berikut :

1. AC pen 45/50, yaitu AC dengan penetrasi antara 40 - 50.
2. AC pen 60/70, yaitu AC dengan penetrasi antara 60 - 70.
3. AC pen 85/100, yaitu AC dengan penetrasi antara 85 - 100.
4. AC pen 120/150, yaitu AC dengan penetrasi antara 120 - 150.
5. AC pen 200/300, yaitu AC dengan penetrasi antara 200 - 300.

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

Aspal Cair (*Cut Back Asphalt*)

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

1. RC (*Rapid Curing Cut Back*), merupakan aspal semen yang dilarutkan dengan bensin atau premium. RC merupakan cutback asphalt yang paling cepat menguap.
2. MC (*Medium Curing Cut Back*), merupakan aspal semen yang dilarutkan dengan bahan pencair yang lebih kental sperti minyak tanah.
3. SC (*Slow Curing Cut Back*), merupakan aspal semen yang dilarutkan dengan bahan yang lebih kental sperti solar. Aspal jenis ini merupakan cut back asphalt yang paling lama menguap.

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

RC 30 - 60	MC 30 - 60	SC 30 - 60
RC 70 - 140	MC 70 - 140	SC 70 - 140
RC 250 - 500	MC 250 - 500	SC 250 - 500
RC 800 - 1600	MC 800 - 1600	SC 800 - 1600
RC 3000 - 6000	MC 3000 - 6000	SC 3000 - 6000

Aspal Emulsi

Aspal emulsi adalah suatu campuran aspal dengan air dan bahan pengemulsi. Berdasarkan muatan listrik yang dikandungnya, aspal emulsi dapat dibedakan atas :

- *Kationik* disebut juga aspal emulsi asam, merupakan aspal emulsi yang bermuatan arus listrik positif.
- *Anionik* disebut juga aspal emulsi alkali, merupakan aspal emulsi yang bermuatan negatif.
- *Nonionik* merupakan aspal emulsi yang tidak mengalami ionisasi, berarti tidak menghantarkan listrik.

Yang umum dipergunakan sebagai bahan perkerasan jalan adalah aspal emulsi anionik dan kationik. Berdasarkan kecepatan pengerasannya aspal emulsi dapat dibedakan atas :

- Rapid Setting (RS), aspal yang mengandung sedikit bahan pengemulsi sehingga pengikatan yang terjadi cepat.
- Mediaum Setting (MS)
- Slow Setting (SS), jenis aspal emulsi yang paling lambat menguap.

Aspal Buton

Aspal alam yang terdapat di Indonesia dan telah dimanfaatkan adalah aspal dari Pulau Buton. Aspal ini merupakan campuran antara bitumen dengan bahan mineral lainnya dalam bentuk batuan. Karena aspal buton merupakan bahan alam maka kadar bitumen yang dikandungnya sangat bervariasi dari rendah sampai tinggi. Berdasarkan kadar bitumen yang dikandungnya aspal buton dapat dibedakan atas B10, B13, B20, B25 dan B30. Aspal buton B10 adalah aspal buton dengan kadar bitumen rata-rata 10 %.

3.3.3. Komposisi Aspal

Aspal merupakan unsur hydrocarbon yang sangat kompleks, sangat sukar untuk memisahkan molekul-molekul yang membentuk aspal tersebut. Disamping itu setiap sumber dari minyak bumi menghasilkan komposisi molekul yang berbeda-beda. Komposisi dari aspal terdiri atas asphaltenes dan maltenes. Asphaltenes merupakan material berwarna hitam atau coklat tua yang tidak larut dalam heptane. Maltenes larut dalam heptane, merupakan cairan kental yang terdiri dari resins dan oils. Resins adalah cairan berwarna kuning atau coklat tua yang memberikan sifat adhesi dari aspal, merupakan bagian yang mudah hilang atau berkurang selama masa pelayanan jalan. Sedangkan oils yang berwarna lebih muda merupakan media dari asphaltenes dan resin. Proporsi dari asphaltenes, resin, dan oils berbeda-beda tergantung dari banyak faktor seperti kemungkinan beroksidasi, proses pembuatannya, ketebalan lapisan aspal dalam campuran, dan sebagainya.

3.3.4. Sifat Aspal

Aspal yang dipergunakan pada konstruksi perkerasan jalan berfungsi sebagai :

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

Hal ini mengandung indikasi bahwa aspal haruslah mempunyai daya tahan (tidak cepat rapuh) terhadap cuaca, mempunyai adhesi dan kohesi yang baik dan memberikan sifat elastis yang baik.

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, jadi tergantung dari sifat agregat, campuran dengan aspal, faktor pelaksanaan dan sebagainya. Meskipun demikian sifat ini dapat diperkirakan dari pemeriksaan Thin Film Oven Test (TFOT).

Adhesi dan Kohesi

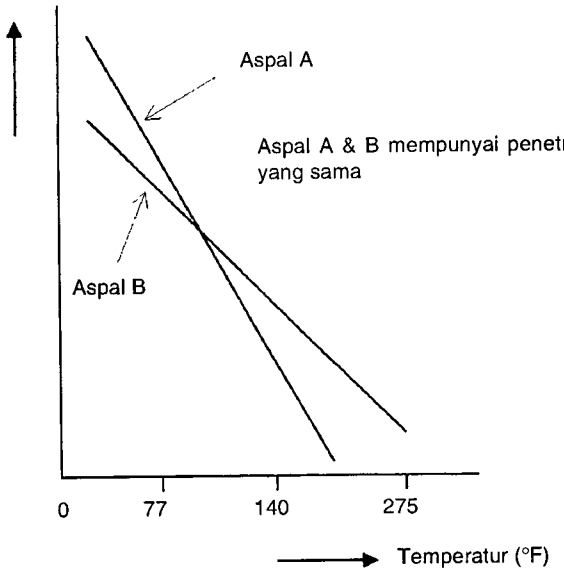
Adhesi adalah kemampuan aspal untuk mengikat agregat sehingga dihasilkan ikatan yang baik antara agregat dengan aspal. Kohesi adalah kemampuan aspaluntuk tetap mempertahankan agregat tetap di tempatnya setelah terjadi pengikatan.

Kepekaan terhadap Temperatur

Aspal adalah material yang bersifat termoplastis, berarti akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau lebih cair jika temperatur bertambah. Sifat ini

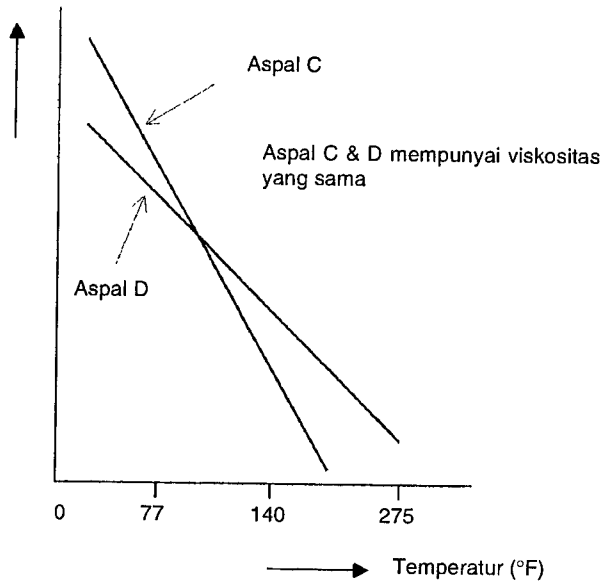
dinamakan kepekaan terhadap perubahan temperatur, dimana setiap hasil produksi aspal berbeda-beda tergantung dari asalnya walaupun aspal tersebut mempunyai jenis yang sama. Pada gambar 3.10, terlihat 2 kelompok aspal dengan niali penetrasi yang sama pada temperatur 25 °C tetapi tidak berasal dari sumber yang sama. Pada temperatur selain 25 °C viskositas dari kedua aspal tersebut berbeda, hal ini disebabkan karena kepekaan terhadap temperaturnya berbeda. Sedangkan pada gambar 3.11, terlihat 2 kelompok aspal dengan nilai viskositas yang sama pada temperatur 60 °C, tetapi berbeda pada temperatur yang lain. Dengan diketahuinya kepekaan terhadap temperatur, maka dapat ditentukan temperatur optimum pemadatan sehingga hasilnya dapat dimaksimalkan.

Pada gambar 3.10, terlihat bahwa pada temperatur di atas 25 °C aspal A lebih cair dari aspal B sehingga temperatur yang dibutuhkan oleh aspal A untuk pencampuran dengan agregat lebih rendah dan aspal A dapat dipadatkan dengan baik pada temperatur yang lebih rendah dari aspal B.



Gambar 3.10. Viskositas vs Temperatur pada 2 aspal yang sama Penetrasinya pada Temperatur 25 C.

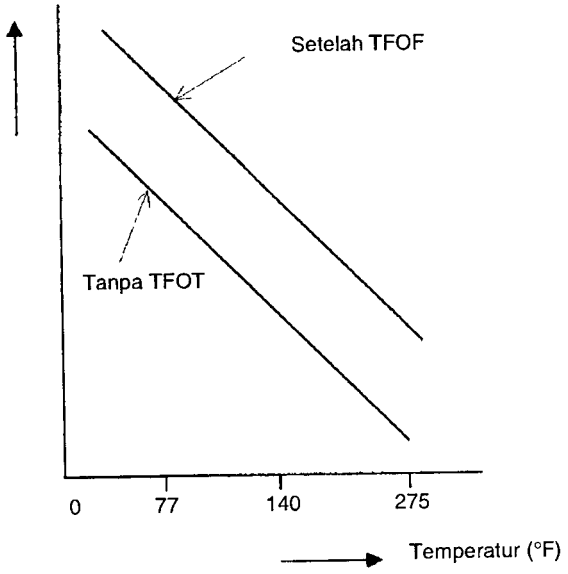
Sedangkan pada gambar 3.11 terlihat bahwa pada temperatur di atas 60 °C aspal C lebih lembek dari aspal D, sehingga temperatur yang dibutuhkan untuk pencampuran menggunakan aspal D akan lebih rendah dibandingkan dengan jika menggunakan aspal C. Akan tetapi pada temperatur di bawah 60 °C, aspal C lebih keras yang berarti aspal C cepat mengeras dan cepat pula mencair sehingga waktu pelaksanaan harus lebih pendek dibandingkan dengan aspal D. Aspal D kurang peka terhadap temperatur dibandingkan dengan aspal C.



Gambar 3.11. Viskositas vs Temperatur pada 2 aspal yang sama Viskositasnya pada Temperatur 60 °C.

Kekerasan Aspal

Aspal pada proses pencampuran dipanaskan dan dicampur dengan agregat sehingga agregat dilapisi aspal atau aspal panas disiramkan ke permukaan agregat yang telah disiapkan pada proses pelaburan. Pada waktu proses pelaksanaan, terjadi oksidasi yang menyebabkan aspal menjadi getas (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 menyelimuti agregat. Semakin tipis lapisan aspal semakin besar tingkat kerapuhan yang terjadi. Pada gambar 3.12 terlihat perbedaan viskositas pada aspal sebelum dan setelah proses pemeriksaan pengovenan lapisan tipis aspal (*Thin Film Oven Test*).



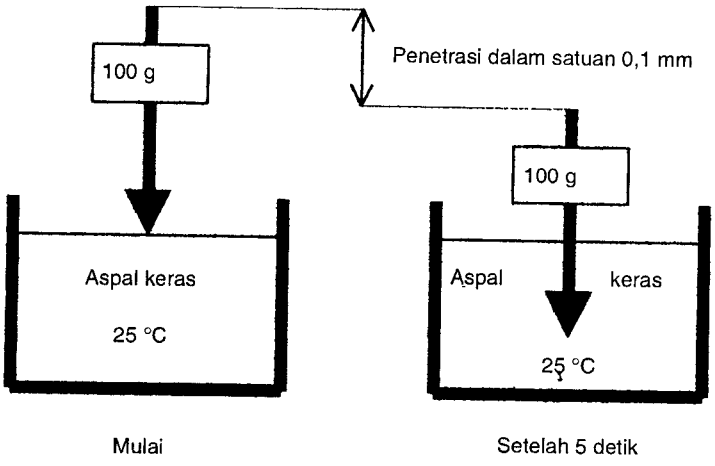
Gambar 3.12. Perbedaan Viskositas pada aspal setelah Thin Film Oven Test (gambar illustrasi)

3.3.5. Pemeriksaan Aspal

Aspal merupakan hasil produksi dari bahan-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 untuk aspal keras adalah sebagai berikut :

Pemeriksaan Penetrasi Aspal

Pemeriksaan penetrasi aspal bertujuan untuk memeriksa tingkat kekerasan aspal. Prosedur pemeriksaan mengikuti PA-0301-76 atau AASHTO T49-80. Pemeriksaan dilakukan dengan memasukkan jarum penetrasi berdiameter 1 mm dengan menggunakan beban seberat 50 gram sehingga diperoleh beban gerak seberat 100 gram (berat jarum + beban) selama 5 detik pada temperatur 25 °C. Besarnya penetrasi diukur dan dinyatakan dalam angka yang merupakan kelipatan 0,1 mm.



Gambar 3.13. Pemeriksaan Penetrasi Aspal

Pemeriksaan Titik Lembek / Lunak (*Softening Point Test*)

Temperatur pada saat aspal mulai menjadi lunak tidaklah sama pada setiap hasil produksi aspal walaupun mempunyai nilai penetrasi yang sama. Oleh karena itu temperatur tersebut dapat diperiksa dengan mengikuti prosedur PA-0302-76 atau AASHTO T53-81. Pemeriksaan menggunakan bola baja dan cincin yang terbuat dari kuningan. Titik lembek adalah suhu dimana suatu lapisan aspal dalam cincin yang diletakkan horizontal di dalam larutan air atau gliserine yang dipanaskan secara teratur menjadi lembek karena beban bola baja dengan diameter 9,53 mm seberat ±3,5 gram yang diletakkan di atasnya sehingga lapisan aspal tersebut jatuh melalui jarak 25,4 mm. Titik lembek aspal bervariasi antara 30 °C - 200 °C. Dua kelompok aspal dengan penetrasi yang sama belum tentu mempunyai titik lembek yang sama. Aspal dengan titik lembek yang lebih tinggi kurang peka terhadap perubahan temperatur dan lebih baik untuk bahan pengikat konstruksi perkerasan.

Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar dengan Cleveland Open Cup

Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar untuk aspal keras mengikuti prosedur AASHTO T48-81 atau PA-0303-76, yang berguna untuk menentukan suhu dimana aspal terlihat menyala singkat di permukaan aspal (titik nyala), dan suhu pada saat terlihat nyala sekurang-kurangnya 5 detik. Aspal disiapkan dalam cleaveland open cup yang berbentuk cawan dari kuningan dan diletakkan pada pelat pemanas. Titik nyala dan titik bakar perlu diketahui untuk memperkirakan temperatur maksimum pemanasan aspal sehingga aspal tidak terbakar. Pemeriksaan harus dilakukan dalam ruang gelap sehingga dapat segera diketahui timbulnya nyala pertama.

Pemeriksaan Kehilangan Berat Aspal (*Thick Film Test*)

Pemeriksaan dilakukan untuk mengetahui pengurangan berat akibat penguapan bahan-bahan yang mudah menguap dalam aspal. Aspal setebal 3 mm dipanaskan sampai temperatur 163 °C selama 5 jam di dalam oven yang dilengkapi dengan piring yang 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 AASHTO T47-82. Penurunan berat yang besar menunjukkan banyaknya bahan-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.

Pemeriksaan Kelarutan Bitumen dalam Karbon Tetrachlorida / Carbon bisulfida (*Solubility Test*)

Pemeriksaan dilakukan untuk menentukan jumlah bitumen yang larut dalam karbon tetrachlorida/karbon bisulfida. Jika semua bitumen yang diuji larut dalam CCl_4 satu CS_2 maka bitumen tersebut adalah murni. Disyaratkan bitumen yang digunakan untuk perkerasan jalan mempunyai kemurnian > 99 %. Prosedur pemeriksaan mengikuti PA-0305-76 atau AASHTO T44-81. Hasil yang diperoleh adalah :

$$p = \frac{bitumen\ larut\ dalam\ CCl_4}{jumlah\ bitumen\ kering}$$

dimana :

p adalah bagian bitumen yang larut dalam CCl4.

Pemeriksaan Daktilitas Aspal

Tujuan pemeriksaan ini adalah untuk mengetahui sifat kohesi dalam aspal itu sendiri yaitu dengan mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara 2 (dua) cetakan yang berisi bitumen keras sebelum putus, pada suhu dan kecepatan tarik tertentu. Pemeriksaan mengikuti prosedur PB-0306-76 atau AASHTO T51-81. Aspal dengan daktilitas yang lebih besar mengikat butir-butir agregat lebih baik tetapi lebih peka terhadap perubahan temperatur. Aspal dicetak pada cetakan kemudian dilakukan penarikan sedemikian rupa sehingga sampel selalu terendam air. Umumnya pemeriksaan dilakukan pada suhu 25 °C dengan kecepatan penarikan 5 cm/menit.

Pemeriksaan Berat jenis Aspal (*Specific Gravity Test*)

Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat aspal dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu, 25 °C. Prosedur pemeriksaan mengikuti PA-0307-76 atau AASHTO T228-79, dengan menggunakan piknometer.

$$\text{Berat jenis aspal} = \frac{(C - A)}{[(B-A) - (D-C)]}$$

dimana :

A = berat piknometer dengan penutup
B = berat piknometer berisi air
C = berat piknometer berisi aspal
D = berat piknometer berisi aspal dan air.

Berat jenis aspal diperlukan untuk perhitungan dalam analisa campuran.

Pemeriksaan Viskositas

Pemeriksaan viskositas pada aspal semen bertujuan untuk memeriksa kekentalan aspal, dilakukan pada temperatur 60 °C dan 135 °C. 60 °C adalah temperatur maksimum perkerasan selama masa pelayanan sedangkan 135 °C adalah temperatur dimana proses pencampuran/ penyemprotan aspal umumnya dilakukan. Pemeriksaan dilakukan dengan menggunakan viskosimeter. Prinsip kerja dari pemeriksaan ini adalah menentukan waktu yang dibutuhkan untuk suatu larutan dengan isi tertentu mengalir dalam kapiler di dalam viskosimeter kapiler yang terbuat dari gelas pada temperatur tertentu. Viskositas kinematik adalah waktu tersebut di atas dikalikan dengan faktor kalibrasi viskosimeter.

Viskositas kinematik = t.C

dimana:

t = Waktu mengalir dalam detik

C = konstanta kalibrasi viskosimeter yang dinyatakan dalam centistokes/detik (cSt/det).

Pemeriksaan dilakukan mengikuti prosedur PA-0308-76 atau AASHTO T201-80.

Tabel 3.4. Daftar Rujukan Pemeriksaan Aspal Keras

Pemeriksaan	Metode pemeriksaan	
	Bina Marga	Pemeriksaan
1. Penetrasi	PA-0301-76	1. Penetrasi
2. Titik lembek	PA-0302-76	2. Titik lembek
3. Titik nyala & bakar	PA-0303-76	3. Titik nyala & bakar
4. Thick Film Test	PA-0304-76	4. Thick Film Test
5. Kadar larut dalam CCl4	PA-0305-76	5. Kadar larut dalam CCl4
6. Daktilitas	PA-0306-76	6. Daktilitas
7. Berat jenis	PA-0307-76	7. Berat jenis
8. Viskositas kinematik	PA-0308-76	8. Viskositas kinematik

Pemeriksaan pada Aspal Cair yang Umum Dilakukan

1. Viskositas kinematik
   Pemeriksaan viskositas kinematik pada aspal cair (cut back asphalt) umumnya dilakukan sebagai dasar untuk menentukan klasifikasi kekentalan dari RC, MC dan SC. Prosedur pemeriksaan mengikuti AASHTO T201-80.

2. Pemeriksaan titik nyala dengan tag open cup.
   Kegunaan dari pemeriksaan ini adalah untuk menentukan suhu dimana aspal cair mulai menyala. Untuk Slow Curing Cut Back Aspal pemeriksaan menggunakan cleveland open cup, prosedur mengikuti AASHTO T48-81 atau PA-0309-76. Sedangkan untuk MC dan RC yang lebih cepat menguap, pemeriksaan mempergunakan tag open cup yang terbuat dari gelas dan pemanasan dilakukan dengan menggunakan pemanas air (*water bath*). Prosedur pemeriksaan mengikuti AASHTO T79-80 atau PA-0309-76.

3. Daktilitas aspal cair.
   Pemeriksaan ini berguna untuk memisahkan zat-zat dengan titik didih berlainan yang terdapat dalam aspal cair, karena aspal cair berasal dari campuran aspal keras dan bahan pelarut. Pemeriksaan mempergunakan alat penyuling yang mengikuti prosedur PA-0310-76 atau AASHTO T78-80.

4. Penyulingan aspal cair.

5. Kadar air
   Pemeriksaan kadar air berguna untuk menentukan banyaknya air yang terdapat dalam aspal cair. Pemeriksaan mengikuti PA-0311-76 atau AASHTO T55-78.

Tabel 3.5. Daftar Rujukan Pemeriksaan Aspal Cair

Pemeriksaan	Metode pemeriksaan	
	Bina Marga	**Pemeriksaan**
1. Viskositas kinematik	PA-0308-76	T201-80
2. Titik nyala	PA-0309-76	T79-80
3. Dattilitas aspal cair	PA-0310-76	T51-81
4. Penyulingan aspal cair	PA-0311-76	T78-80
5. Kadar air	PA-0311-76	T55-78