

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah bagian dari jalur yang bila diperhatikan 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 boleh dikatakan merupakan urat nadi dari suatu konstruksi jalan. Perkerasan jalan dalam kondisi baik maka arus lalu lintas akan berjalan dengan lancar, demikian sebaliknya kalau perkerasan jalan rusak, lalu lintas akan sangat terganggu.

Jenis perkerasan lalu lintas harus dapat memfasilitasi sejumlah pergerakan lalu lintas, apakah berupa jasa angkutan manusia atau jasa angkutan barang berupa seluruh komoditas yang diijinkan untuk berlalu lalang disitu. Dengan beragam jenis kendaraan dengan angkutan barangnya, akan memberikan variasi beban sedang sampai berat, jenis kendaraan penumpang akan memberikan pula sejumlah variasi beban ringan sampai sedang. Ini harus dapat didukung oleh perkerasan jalan. Daya dukung perkerasan jalan ini akan menentukan kelas jalan yang bersangkutan, misalnya jalan kelas I akan menerima beban yang lebih besar dari jalan kelas II sehingga sudah tentu mutu bahan perkerasan jalan akan disyaratkan berbeda sesuai dengan kualifikasi pembebanannya.

2.1.1 Jenis Konstruksi Perkerasan

Berdasarkan bahan pengikatnya konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan atas :

- a. Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*) yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
- b. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*) yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikat. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan

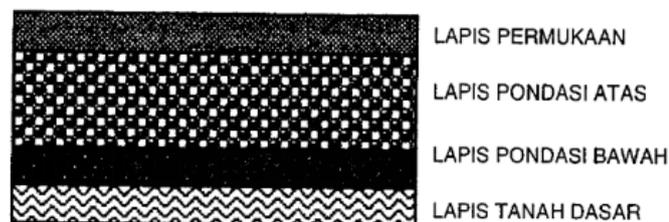
atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton.

- c. Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*) yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku di atas perkerasan lentur.

2.1.2 Struktur Perkerasan Lentur

Struktur perkerasan lentur terdiri beberapa lapis elemen struktur. Pada struktur perkerasan jalan lentur terdiri dari tanah dasar (*subgrade*), lapis pondasi bawah (*subbase course*), lapis pondasi atas (*base course*) dan lapis permukaan (*surface course*).

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



Gambar 2.1 Susunan Perkerasan Jalan

(Sumber : *Rekayasa Jalan Raya, 2002*)

1. Tanah Dasar (*Sub Grade*)

Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar. Umumnya persoalan yang menyangkut tanah dasar adalah sebagai berikut:

- a. Perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) dari macam tanah tertentu akibat beban.
- b. Sifat mengembang dan menyusut dari tanah tertentu akibat perubahan kadar air.

- c. Daya dukung tanah yang tidak merata dan sukar ditentukan secara pasti daerah dengan macam tanah yang sangat berbeda sifat dan kedudukannya, atau akibat pelaksanaan
- d. Lendutan dan lendutan balik selama dan sesudah pembebanan lalu lintas dari macam tanah tertentu.
- e. Tambahan pemadatan akibat pembebanan lalu-lintas dan penurunan yang diakibatkannya, yaitu pada tanah berbutir kasar (*granular soil*) yang tidak dipadatkan secara baik pada saat pelaksanaan.

Tidak semua jenis tanah dapat digunakan sebagai tanah dasar pendukung badan jalan secara baik, karena harus dipertimbangkan beberapa sifat yang penting untuk kepentingan struktur jalan, seperti:

- a. Daya dukung dan kestabilan tanah yang cukup.
- b. Komposisi dan gradasi butiran tanah.
- c. Sifat kembang susut (*swelling*) tanah.
- d. Kemudahan meluluskan air (*drainase*).
- e. Plastisitas dari tanah.
- f. Sifat *ekspansive* tanah dan lain-lain.

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

2. Lapis Pondasi Bawah (*Sub-Base Course*)

Lapis pondasi bawah (*subbase*) adalah suatu lapisan perkerasan jalan yang terletak antara aspal tanah dasar dan lapis pondasi “atas” (*base*), yang berfungsi sebagai bagian perkerasan yang meneruskan beban di atasnya, dan selanjutnya menyebarkan tegang yang terjadi ke lapis tanah dasar.

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

- a. Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban roda.

- b. Menjaga efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar lapisan-lapisan selebihnya dapat dikurangi tebalnya (penghematan biaya konstruksi).
- c. Untuk mencegah tanah dasar masuk kedalam lapis pondasi.
- d. Sebagai lapis pertama agar pelaksanaan dapat berjalan lancar.

Hal ini sehubungan dengan terlalu lemahnya daya dukung tanah dasar terhadap roda-roda alat-alat berat atau karena kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca.

Ber macam-macam material setempat ($CBR > 20\%$, $PI < 10\%$) yang relatif lebih baik dari tanah dasar dapat digunakan sebagai bahan pondasi bawah.

Ada beberapa jenis lapis pondasi bawah yang sering dilaksanakan, yaitu:

- a. Pondasi bawah yang menggunakan batu pecah, dengan balas pasir.
- b. Pondasi bawah yang menggunakan sirtu yang mengandung sedikit tanah.
- c. Pondasi bawah yang menggunakan tanah pasir.
- d. Pondasi bawah yang menggunakan agregat.
- e. Pondasi bawah yang menggunakan material ATSB (*Asphalt Treated Sub-Base*) atau disebut laston bawah (lapis aspal beton pondasi bawah).
- f. Pondasi bawah menggunakan stabilisasi tanah.

3. Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)

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

Lapis pondasi atas dibuat diatas lapis pondasi bawah yang berfungsi diantaranya:

- a. Sebagai bagian perkerasan yang menahan beban roda.
- b. Sebagai perletakan terhadap lapis permukaan.
- c. Meneruskan limpahan gaya lalu lintas ke lapis pondasi bawah.

Bahan-bahan untuk lapis pondasi atas, umumnya harus cukup kuat dan awet sehingga dapat menahan beban roda. Sebelum menentukan suatu bahan untuk digunakan sebagai lapis pondasi atas, hendaknya dilakukan penyelidikan dan pertimbangan sebaik-baiknya sehubungan dengan persyaratan teknik yang ada.

Ber macam-macam bahan alam/bahan setempat ($CBR > 50\%$, $PI < 4\%$) dapat digunakan sebagai bahan lapis pondasi atas, antara lain: batu pecah, kerikil pecah dan stabilisasi tanah dengan semen atau kapur. Secara umum dapat berupa:

- a. Pondasi atas yang menggunakan material pondasi Telford.
- b. Pondasi atas yang menggunakan material agregat.
- c. Pondasi atas yang menggunakan material ATB (*Asphalt Treated Base*) atau disebut Laston (Lapis Aspal Beton) Atas.
- d. Pondasi atas menggunakan stabilisasi material.

4. Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan permukaan adalah bagian perkerasan jalan yang paling atas. Lapisan tersebut berfungsi sebagai berikut:

- a. Lapis perkerasan penahan beban roda, yang mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan roda selama masa pelayanan.
- b. Lapisan kedap air.
Air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan bawahnya dan melemahkan lapisan-lapisan tersebut.
- c. Lapis aus
Lapisan ulang yang langsung menderita gesekan akibat roda kendaraan.
- d. Lapis-lapis yang menyebabkan beban ke lapisan dibawahnya sehingga dapat dipukul oleh lapisan lain dengan daya dukung yang lebih jelek.
Lapis permukaan berdasarkan fungsinya:
 - Lapis non struktural, sebagai lapis aus dan kedap air.
 - Lapis struktural, sebagai lapis yang menahan dan menyebarkan beban roda.

2.2 Agregat

Agregat (*aggregate*) didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan solid. ASTM (1974) mendefinisikan 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.

2.2.1 Jenis Agregat

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

1. Agregat Alam

Agregat yang dipergunakan sebagaimana bentuknya di alam atau digunakan dengan sedikit proses pengolahan dinamakan agregat alam yang berbentuk melalui proses erosi dan degradasi. Bentuk partikel dari agregat alam ditentukan dari proses pembentukannya. Aliran air sungai membentuk partikel-partikel yang bersudut dengan permukaan yang kasar. Dua bentuk agregat alam yang sering dipergunakan adalah kerikil dan pasir. Kerikil adalah agregat dengan ukuran partikel $1/4$ inch (6,35 mm), pasir adalah agregat 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).

2. Agregat yang Melalui Proses Pengolahan

Di gunung-gunung atau bukit-bukit sering ditemui agregat masih berbentuk gunung, sehingga diperlukan proses pengolahan terlebih dahulu 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 dikontrol, berarti gradasi yang diharapkan dapat dicapai sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan.

3. 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*).

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.



Gambar 2.2 Jenis Agregat Berdasarkan Ukuran

(Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya, 2003)

2.2.2 Sifat Agregat Sebagai Material Perkerasan Jalan

Sifat dan kualitas agregat menentukan kemampuannya dalam memikul beban lalu lintas. Agregat dengan kualitas dan sifat yang baik dibutuhkan untuk lapisan permukaan yang langsung menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya. Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan adalah

1. 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 saringan dengan menggunakan saringan 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 menentukan analisa kering atau analisa basah. Analisa kering mengikuti AASTHO T27-82 sedangkan analisa basah mengikuti AASTHO 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 :

- a. Gradasi seragam (*uniform graded*), adalah agregat dengan ukuran yang hampir sama/sejenis atau mengandung agregat halus yang sedikit jumlahnya sehingga tidak dapat mengisi rongga antara 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.
- b. 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 lapis dari sebuah gradasi memenuhi :

$$P = 100 \left[\frac{d}{D} \right]^{0,45} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

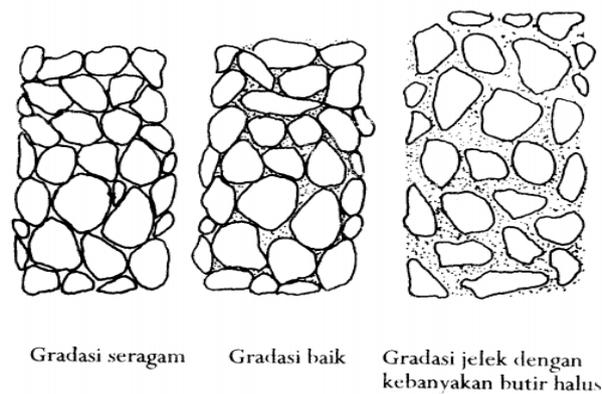
P = persen lolos saringan dengan ukuran bukaan d mm

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.

- c. 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 gradasi senjang akan menghasilkan lapisan perkerasan yang mutunya terletak antara kedua jenis di atas.



Gambar 2.3 Jenis Gradasi Agregat

(Sumber: *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, 2003)

Gradasi agregat gabungan untuk campuran beraspal, ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat dan bahan pengisi, harus memenuhi batas-batas yang diberikan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1. 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 ^{1/2} "	37,5								100
1 "	25			100				100	90-100
^{3/4} "	19		100	90-100	100	100	100	90-100	76-90
^{1/2} "	12,5	100	90-100	50-88	90-100	90-100	90-100	75-90	60-78
^{3/8} 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 Jembatan, 2018)

2. Ukuran Maksimum Partikel Agregat

Semua lapisan perkerasan lentur membutuhkan agregat yang terdistribusi garis 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 :

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

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

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

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

3. Daya Tahan Agregat

Daya tahan agregat adalah ketahanan agregat untuk tidak hancur/pecah oleh pengaruh mekanis ataupun hujan. Degradasi didefinisikan sebagai kehancuran agregat menjadi partikel-partikel yang lebih kecil akibat gaya yang diberikan pada waktu penimbunan, pemadatan ataupun oleh beban lalu lintas. Sedangkan 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. Gradasi, gradasi terbuka (*open graded*) mempunyai tingkat degradasi yang lebih besar dibandingkan dengan gradasi rapat (*dense graded*).
- b. Jenis agregat, agregat yang lunak mengalami degradasi yang lebih besar degradasi yang lebih besar dari agregat yang lebih keras.
- c. Energi pemadatan, degradasi akan terjadi lebih besar pada pemadatan dengan menggunakan energi pemadatan yang lebih besar.

- d. Ukuran partikel, partikel yang lebih kecil mempunyai tingkat degradasi yang lebih kecil dibandingkan dengan partikel besar.
- e. Bentuk partikel, partikel bulat akan mengalami degradasi yang lebih besar daripada yang berbentuk kubus (bersudut).

4. Penentuan Tingkat Ketahanan

Ketahanan agregat terhadap degradasi (penghancuran) diperiksa dengan menggunakan percobaan Abrasi *Los Angeles* (*Abrasion Los Angeles*), berdasarkan PB-0206-76, AASTHO T96-77 (1982). Agregat yang telah disiapkan sesuai gradasi dan berat yang ditetapkan, dimasukan 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 tertinggi 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 bahwa lapis permukaan dan lapis 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 kembali sebanyak 5 kali berdasarkan AASTHO 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.

5. Bentuk dan Tekstur Agregat

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

- a. 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 kotak kecil sehingga menghasilkan daya penguncian (*interlocking*) yang lebih kecil dan lebih mudah tergelincir.
- b. Lonjong (*elongated*), Partikel agregat berbentuk lonjong dapat ditemui di sungai-sungai atau bekas endapan sungai. Agregat dikatakan lonjong jika ukuran terpanjangnya $>1,8$ kali diameter rata-rata. Indeks kelonjongan (*elongated index*) adalah perbandingan dalam persen dari berat agregat lonjong terhadap berat total. Sifat *interlocking*nya hampir sama dengan yang berbentuk bulat.
- c. Kubus (*cubical*), Partikel berbentuk kubus merupakan bentuk agregat hasil dari mesin pemecah batu (*stone crusher*) yang mempunyai bidang kotak 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.
- d. Pipih (*flaky*), Partikel agregat berbentuk pipih dapat merupakan hasil dari mesin pemecah batu ataupun memang merupakan sifat dari agregat tersebut yang tidak 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.

- e. Tak Beraturan (*irregular*), Partikel agregat 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 permukaan 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 aspal pun 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 akan lebih tipis dan menyebabkan cepat lepasnya ikatan antara agregat dengan aspal, disamping itu agregat berpori umumnya lebih mudah pecah/hancur.

6. Berat Jenis

Berat jenis agregat adalah perbandingan antara 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 AASTHO T85-81, penentuan berat jenis agregat dapat dibagi atas 3 (tiga) jenis yaitu :

- a. 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).
- b. Berat Jenis Apparent (*Apparent Specific Gravity*)
Jika volume yang diperrhitungkan 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.
- c. 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.

2.3 Aspal

Aspal didefinisikan 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 kedalam pori-pori yang ada pada penyemprotan/penyiraman pada perkerasan macadam ataupun peleburan. 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.

2.3.1 Jenis aspal

Berikut ini jenis-jenis aspal antara lain :

1. Aspal Minyak

Aspal minyak (aspal semen/aspal keras, bitumen, aspal kaku) adalah kumpulan bahan-bahan tersisa dari proses destilasi minyak bumi (*atmospheric, vacuum, debottlenecking*, dan sebagainya) di pabrik kilang minyak, bahan sisa yang dianggap sudah tidak bisa lagi diproses secara ekonomis (dengan

kemajuan teknologi dan kondisi mesin yang ada) untuk dapat menghasilkan produk-produk yang dapat dijual seperti misalnya sejenis bahan bakar, bahan pelumas dan lainnya. Bahan-bahan sisa tadi dicampurkan antara residu padat dengan bahan cair lain, biasanya akan dibagi dalam tiga kelas, yaitu kelas penetrasi (pen 40/50, pen 80/70 dan pen 80/100). Di Negara lain, selain kelas penetrasi dikenal juga kelas Viskositas (Australia, contoh: AC-2,5, AC-5, dan sebagainya) serta kelas *performance grade* (diusulkan oleh SHRP untuk kelas aspal yang dikaitkan dengan ketahanannya terhadap suhu, contoh: PG 64-10, PG 70-20, dan sebagainya).

2. Aspal Emulsi

Aspal emulsi adalah aspal yang bercampur air (60-70%) dalam bentuk emulsi. Bergabungnya aspal dengan air dimungkinkan karena adanya nahan tambahan yang bersifat katalis. Pencampuran aspal dengan air dan katalis tadi dilewatkan mesin *colloidmill*, sehingga molekul-molekul aspal melayang di dalam air. Dengan berjalannya waktu, saat aspal disimpan lama (sekitar 3 bulan), maka emulsi bisa terlepas (*break*) dan aspal mengedap ke dasar container/drum. Terkadang dengan cara digoyang-goyang atau digelindingkan, ikatan emulsi bisa terbentuk lagi, tetapi paling baik adalah sebelum terlepas ikatan emulsinya, aspal tersebut sudah dipakai. Penggunaan aspal emulsi biasanya untuk lapis beton aspal campuran dingin (digunakan pada lokasi-lokasi tertentu yang tidak membolehkan ada api terbuka, misalnya wilayah pengeboran minyak, kompleks penyimpanan bahan bakar atau daerah tertentu yang belum punya AMP, tetapi ingin kualitas jalan yang setara beton aspal, dan sebagainya), untuk lapis *tackcoat*, *primecoat*, atau campuran untuk bahan tambal lubang siap pakai.

3. Aspal Cair (*Cut Back Asphalt*)

Cut back asphalt adalah aspal yang dicairkan dengan cara ditambahkan dengan pelarut dari keluarga hidro karbon (minyak tanah/kerosin, bensin atau solar), biasanya dipakai untuk *tackcoat* (*Rapid curing/RC*, *Medium curing/MC*, *Slow curing/SC*) atau *primecoat* (lapis resap ikat). Saat ini untuk lapis ikat (*tackcoat*), mulai banyak menggunakan aspal emulsi dengan alas bensin terlalu

berbahaya karena sering tidak sempat menguap pada saatnya beton aspal harus digelar di atasnya, sehingga membuat lapisan di atasnya terkontaminasi dengan pelarut menjadi lunak dan menimbulkan perubahan bentuk (*deformasi*, *bleeding*, dan licin).

4. Aspal Modifikasi

Aspal modifikasi (*Polymmer Modified Asphalt/PMA*, *Polymer Modified Bitumen/PMB*, aspal Modifikasi) adalah aspal aspal minyak ditambah dengan bahan tambah/*additive* untuk meningkatkan kinerjanya. Di luar negeri, aspal polimer dijanjikan sebagai aspal yang tahan beban dan tahan lama (awet), dengan harga yang cukup mahal sehingga pemasarannya kurang begitu sukses, meskipun sudah dikenalkan lebih dari 20 tahun. Di Indonesia, kesadaran untuk menggunakan aspal modifikasi didasari oleh alasan yang lebih khusus, yaitu agar lebih tahan panas (menaikkan titik lembek), lebih tahan beban (menaikkan kohesi), lebih lengket (menaikkan adhesi) agar agregat tidak mudah terburai dan lebih tahan ultraviolet agar tidak mudah menua (*ageing*).

5. Aspal Buton (Asbuton)

Aspal buton adalah aspal alam yang terdapat di pulau Buton (ada dua lokasi tambang, yaitu Kabungka dan Lawele), berupa batuan yang mengandung aspal (*rock asphalt*) yang ditemukan sejak tahun 1920, dengan cadangan lebih dari 600 juta ton (terbesar di dunia). Dunia dikenal juga aspal Trinidad (*Trinidad Lake Asphalt*), aspal alam yang ditemukan pada danau di Venezuela yang telah dipasarkan ke seluruh dunia sejak abad ke-18, meskipun dalam jumlah yang tidak terlalu besar (kuran dari 30.000 ton per tahun). Aspal Buton Kabungka, batuan induknya adalah batu kapur, material aspal meresap ke dalam pori-pori batuan sebesar 12-20%, penambangnya menggunkan bahan peledak. Batuan dipecah menjai kecil-kecil dengan mesin pemecah batu (*stone crusher*), lalu dipasok ke proyek yang membutuhkan dalam bentuk curah (dikirim dengan tongkang dan *dump truck*). Pengaktifkan aspal alam kabungka memerlukan waktu, perlu dijemput dengan minyak pelarut khusus (*modifier*) yang encer dan tajam serta membutuhkan waktu pemeraman selama 2-5 hari

sebelum aspal alam keluar dari cangkangnya dan membentuk *mastic*, sehingga dapat dicampur dengan agregat atau cara lain.

Aspal Buton Lawela, batuan induknya adalah batuan silika, material aspal tidak meresap tetapi saling bertempelan dengan batuan sebanyak 20-35%, sehingga lebih mudah untuk diaktifkan tanpa pemeraman. Kesulitan penanganannya justru terletak pada kelengketannya yang terlalu tinggi (bergumpal-gumpal), sehingga susah untuk ditakar menurut jumlah berat yang dibutuhkan.

2.3.2 Sifat Aspal

Aspal yang dipergunakan padan 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.

Berarti aspal haruslah mempunyai daya tahan (tidak cepat rapuh) terhadap cuaca, mempunyai adhesi dan kohesi yang baik dan memberikan sifat elastis yang baik.

1. Daya Tahan

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 dll. Meskipun demikian sifat ini dapat diperkirakan dari pemeriksaan Thin Film Oven Test (TFOT).

2. Adhesi dan Kohesi

Adhesi adalah 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 *temperature*

Aspal adalah material yang termoplastis berarti akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan melunak atau lebih kental jika temperatur bertambah. Sifat ini dinamakan kepekaan terhadap perubahan temperatur.

4. Kekerasan aspal

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

2.3.3 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 untuk aspal adalah sebagai berikut :

1. 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 memasukan jarum penetrasi berdiameter 1 mm dengan menggunakan beban sebesar 50 gram sehingga diperoleh beban gerak seberat 100 gram (bera jarum + beban) selama 5 detik pada temperatur 25°C. besarnya penetrasi di ukur dan dinyatakan dalam angka yang merupakan kelipatan 0,1 mm.

2. Titik lembek/lunak (*softening point test*)

Temperatur pada saat dimana 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-0303-76 atau AASHTO T53-81. Pemeriksaan menggunakan cincin yang terbuat dari kuningan dan bola baja. Titik lembek ialah suhu di mana suatu lapisan aspal dalam cincin yang diletakkan horizontal didalam 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 inch).

Titik lembek aspal bervariasi antara 30°C sampai 200°C. 2 aspal mempunyai 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.

3. Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar dengan *cleveland open cup*

Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar untuk aspal keras mengikuti prosedur AASTHO T48-81 atau PA-0303-76, yang berguna untuk menentukan suhu di mana aspal terlihat menyala singkat di permukaan aspal (titik nyala), dan suhu pada saat terlihat nyala sekurang-kurangnya 5 detik. aspal disiapkan dalam *cleveland open cup* yang berbentuk cawan dari kuningan dan diletakkan pada pelat pemanas.

Titik nyala dan titik bakar perlu diketahui untuk memperkirakan temperatur maksimum pemecahan aspal sehingga aspal tidak terbakar. Pemeriksaan harus dilakukan dalam ruang gelap sehingga dapat segera diketahui timbulnya nyala pertama.

4. Pemeriksaan kehilangan berat aspal (*thick film test*)

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui pengurangan berat akibat penguapan bahan-bahan yang mudah menguap dalam aspal. Aspal setebal 3 mm dipanaskan sampai 163° 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-bahan yang hilang karena penguapan. Aspal tersebut akan cepat mengeras dan menjadi rapuh.

2.4 Bahan Pengisi (*filler*)

Filler adalah mineral paling halus dari agregat beton aspal, berukuran kurang dari saringan nomor 200, dan tidak boleh mengandung kelembapan. Paling cocok untuk *filler* adalah semen portland yang bebas kelembapan, karena dikemas dalam karung. Bebas lembap ini penting karena *filler* tidak melewati mesin pemanas, masuk langsung ke *pugmill* melalui *screw intrusion*. Ada pendapat bahwa *filler* akan berfungsi untuk melengkapi garis gradasi batuan, tetapi pendapat lain condong untuk menganggap *filler* akan membentuk mastik langsung dengan aspal dan meningkatkan kemampuan aspal menahan panas tinggi di lapangan. Lapis beton aspal yang mengabaikan *filler*, baik disengaja maupun tidak, permukaan beton aspal akan mudah berubah bentuk dan mengalami deformasi.

2.5 Lapisan Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC)

AC *wearing course* adalah lapis beton aspal untuk permukaan jalan, biasanya tidak terlalu tebal, sekitar 5 cm, sebagai lapis aus sekaligus sebagai lapis penutup bersifat lentur untuk dapat menerima gerakan lapis di bawahnya tanpa mengalami retak. Ditinjau dari penggunaan material aspal, maka aspal yang digunakan harus dari jenis yang tahan panas (panas permukaan jalan bisa sampai 70°C), karena terletak pada posisi paling atas agar tidak melunak (*bleeding*) dan *bulging* (berubah bentuk, jembul, bergelombang, terlihat secara visual pada marka jalan yang bengkok), tidak mudah timbul retak yang dapat menyebabkan bocor air, dan tidak mudah terjadi lepas butir (kehilangan daya lengket).

2.6 Getah Karet

Menurut Promono dkk (2020), getah karet alam dapat diperoleh dari tanaman *Hevea brasiliensis* yang menghasilkan getah karet berupa cairan berwarna putih ketika permukaan kulit pohonnya disadap. Getah karet merupakan emulsi kompleks yang mengandung protein, alkaloid, pati, gula, (poli) terpena,

minyak, tannin, resin dan gom. Pada banyak tumbuhan karet biasanya berwarna putih, namun ada juga yang berwarna kuning, jingga, atau merah.

Menurut Al-Mukarrom (2014), getah karet memiliki beberapa keunggulan, seperti daya elastis yang baik, plastisitas yang tinggi, mudah dalam pengolahannya, harga yang ekonomis dibandingkan harga aspal, tidak mudah aus (tidak mudah habis karena gesekan) dan tidak mudah panas. Selain itu, getah karet alami juga memiliki daya tahan yang tinggi terhadap keretakan, tahan hentakan yang berulang-ulang, serta daya lengket yang tinggi terhadap berbagai bahan (Ferdila, 2008). Sehingga getah karet dapat menambah stabilitas pada perkerasan jalan. Karet alam melunak pada suhu 130°C dan mengurai pada suhu 200°C.

Menurut Ramadhan, et al. (2005), beberapa kelemahan karet alam antara lain memiliki ikatan rangkap yang banyak dalam struktur molekul karet alam, sehingga karet alam tidak tahan terhadap reaksi oksidasi, ozon, dan minyak. Sementara itu, beberapa kelebihan yang dimiliki oleh karet alam antara lain memiliki daya pantul dan elastisitas yang baik, kuat, serta kepegasan yang tinggi pula.

Menurut Ferdilla, Suci Cahya dkk, (2018), susunan bahan lateks dapat dibagi menjadi dua komponen. Komponen pertama adalah bagian yang mendeskripsikan atau memancarkan bahan-bahan yang terkandung secara merata yang disebut serum. Bahan-bahan bukan karet yang terlarut dalam air, seperti protein, garam-garam mineral, enzim dan lainnya termasuk ke dalam serum. Komponen kedua adalah bagian yang didispersikan, terdiri dari butir-butir karet yang dikelilingi lapisan tipis protein. Bahan bukan karet yang jumlahnya relatif kecil juga mempunyai peran penting dalam mengendalikan kestabilan sifat lateks dan karetinya.

2.7 Karakteristik Campuran

Karakteristik Campuran yang harus dimiliki oleh campuran aspal beton campuran panas adalah sebagai berikut:

1. Stabilitas

Stabilitas lapisan perkerasan jalan adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti

gelombang, alur ataupun *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas setingkat dengan jumlah lalu lintas dan beban kendaraan yang akan memakai jalan tersebut. Jalan dengan volume lalu lintas tinggi dan sebagian besar merupakan kendaraan berat menuntut stabilitas yang lebih besar dibandingkan dengan jalan yang volume lalu lintasnya hanya terdiri dari kendaraan penumpang saja. Kestabilan yang terlalu tinggi menyebabkan lapisan itu menjadi kaku dan cepat mengalami retak, disamping itu karena volume antar agregat kurang maka kadar aspal yang dibutuhkan pun rendah. Hal ini menghasilkan ikatan aspal mudah lepas sehingga durabilitasnya rendah. Stabilitas terjadi dari hasil geseran antar butir, penguncian antar partikel dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal. Dengan demikian stabilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan mengusahakan penggunaan:

- a. Agregat dengan gradasi yang rapat (*dense graded*).
- b. Agregat dengan permukaan yang kasar.
- c. Agregat berbentuk kubus.
- d. Aspal dengan penetrasi rendah.
- e. Aspal dalam jumlah yang mencukupi untuk ikatan antar butir.

Agregat dengan gradasi baik atau bergradasi rapat akan memberikan rongga antar butiran agregat (*voids in mineral aggregate*) yang kecil yang menghasilkan stabilitas yang tinggi, tetapi membutuhkan kadar aspal yang rendah untuk mengikat agregat. *Voids in Mineral Aggregate* (VMA) yang kecil mengakibatkan aspal yang dapat menyelimuti agregat terbatas dan menghasilkan film aspal yang tipis. Film aspal yang tipis mudah lepas yang mengakibatkan lapis tidak lagi kedap air, oksidasi mudah terjadi dan lapis perkerasan menjadi rusak. Pemakaian aspal yang banyak mengakibatkan aspal tidak lagi dapat menyelimuti agregat dengan baik karena VMA kecil dan juga menghasilkan rongga antar campuran (*voids in mix = VIM*) yang kecil. Adanya beban lalu lintas yang menambah pemadatan lapisan mengakibatkan lapisan aspal meleleh keluar yang disebut *bleeding*.

2. Durabilitas (Keawetan/Daya Tahan)

Durabilitas diperlukan pada lapisan permukaan sehingga lapisan dapat mampu menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air dan perubahan suhu

ataupun keusan akibat gesekan roda kendaraan. Faktor yang memengaruhi durabilitas lapis aspal beton adalah :

- a. VIM kecil sehingga lapis kedap air dan udara tidak masuk kedalam campuran yang menyebabkan terjadinya oksidasi dan aspal menjadi rapuh (getas).
- b. VMA besar sehingga film aspal dapat dibuat tebal. Jika VMA dan VIM kecil serta kadar aspal tinggi maka kemungkinan terjadinya *bleeding* cukup besar. Untuk mencapai VMA yang besar ini dipergunakan agregat bergradasi senjang.
- c. Film (selimut) aspal, film aspal yang tebal dapat menghasilkan lapis aspal beton yang berdurabilitas tinggi, tetapi kemungkinan terjadinya *bleeding* menjadi besar.

3. Fleksibilitas (Kelenturan)

Fleksibilitas pada lapisan perkerasan adalah kemampuan lapisan perkerasan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume. Untuk mendapatkan fleksibilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan :

- a. Penggunaan agregat bergradasi senjang sehingga diperoleh VMA yang besar.
- b. Penggunaan aspal lunak (aspal yang penetrasi yang tinggi).
- c. Penggunaan aspal yang cukup banyak sehingga diperoleh VIM yang kecil.

4. *Skid Resistance* (Kekesatan)

Tahanan geser atau kekesatan yang diberikan oleh perkerasan sehingga kendaraan tidak mengalami slip baik di waktu hujan (basah) maupun di waktu kering. Kekesatan dinyatakan dengan koefisien gesek antara permukaan jalan engan roda kendaraan. Tingginya nilai tahanan geser ini dipengaruhi oleh :

- a. Penggunaan agregat dengan permukaan kasar.
- b. Penggunaan kadar aspal yang tepat sehingga tidak terjadinya *bleeding*.
- c. Penggunaan agregat berbentuk kubus.
- d. Penggunaan agregat kasar yang cukup.

5. *Fatigue Resistance* (Ketahanan Kelelahan)

Ketahanan kelelahan adalah ketahanan dari lapis aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan yang berupa alur (*rutting*) dan retak. Faktor-faktor yang mempengaruhi ketahanan terhadap kelelahan adalah :

- a. VIM yang tinggi dan kadar aspal yang rendah akan mengakibatkan kelelahan yang lebih cepat.
- b. VMA dan kadar aspal yang tinggi dapat mengakibatkan lapis perkerasan menjadi fleksibel.

6. *Workability* (Kemudahan Pelaksanaan)

Kemudahan pelaksanaan adalah mudahnya suatu campuran untuk dihampar dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang diharapkan. *Workability* ini dipengaruhi oleh :

- a. Gradasi agregat, agregat bergradasi baik lebih mudah dilaksanakan dari pada agregat bergradasi lain.
- b. Temperatur campuran yang ikut mempengaruhi kekerasan bahan pengikat yang bersifat termoplastis.
- c. Kandungan bahan pengisi (*filler*) yang tinggi menyebabkan pelaksanaan lebih sulit.

2.8 Perencanaan Campuran (*Mix Design*)

Lapisan aspal yang baik haruslah memenuhi 4 (empat) syarat yaitu stabilitas, durabilitas, fleksibilitas dan tahanan geser (*skid resistance*). Jika menggunakan gradasi rapat (*dense graded*) akan menghasilkan kepadatan yang baik berarti memberikan stabilitas yang baik tetapi mempunyai rongga pori yang kecil sehingga memberikan kelenturan (*fleksibility*) yang kurang baik dan akibat tambahan pemadatan dari repetisi beban lalu lintas serta aspal yang mencair akibat pengaruh cuaca akan memberikan tahanan geser yang kecil. Sebaliknya jika menggunakan gradasi terbuka (*open graded*), akan diperoleh kelenturan yang baik tetapi stabilitas kurang. Kadar aspal yang terlalu sedikit akan mengakibatkan kurangnya lapisan pengikat antar butir, lebih-lebih jika kadar rongga yang dapat diresapi aspal besar. Hal ini akan mengakibatkan lapisan pengikat aspal cepat lepas

dan durabilitas berkurang. Kadar aspal yang tinggi mengakibatkan kelenturan yang baik tetapi dapat terjadi *bleeding* sehingga stabilitas dan tahanan geser berkurang. Untuk itu haruslah direncanakan campuran antara agregat dan aspal seoptimal mungkin sehingga dihasilkan lapisan perkerasan dengan kualitas yang tinggi yang meliputi gradasi agregat (dengan memperhatikan mutunya) dan kadar aspal sehingga dihasilkan lapisan perkerasan yang memenuhi persyaratan tentang stabilitas, durabilitas, fleksibilitas dan tahanan geser. Yang perlu diperhatikan adalah jika agregat dicampur dengan aspal maka :

- a. Partikel-partikel antar agregat akan terikat satu sama lain oleh aspal.
- b. Rongga-rongga agregat ada yang terisi aspal dan ada pula yang terisi udara.
- c. Terdapat rongga antar butir yang terisi udara.
- d. Terdapat lapisan aspal yang ketebalannya tergantung dari kadar aspal yang dipergunakan untuk menyelimuti partikel-partikel agregat.

Dari hasil *mix design* diharapkan diperoleh suatu lapisan perkerasan yang mempunyai karakteristik sebagai berikut :

1. Kadar aspal cukup memberikan kelenturan.
2. Stabilitas cukup memberikan kemampuan memikul beban sehingga tak terjadinya deformasi yang merusak.
3. Kadar rongga cukup memberikan kesempatan untuk pemadatan tambahan akibat beban berulang dan *flow* dari aspal.
4. Dapat memberikan kemudahan kerja (*workability*) sehingga tidak terjadi segregasi.
5. Dapat menghasilkan campuran yang akhirnya menghasilkan lapis perkerasan yang sesuai dengan persyaratan dalam pemilihan lapis perkerasan pada tahap perencanaan.

Dengan demikian faktor yang mempengaruhi kualitas dari aspal beton adalah *absorbs* kadar, kadar aspal efektif, rongga antar butir, rongga udara dalam campuran dan gradasi agregat.