

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Perkerasan jalan raya merupakan komponen penting untuk kebutuhan hidup dan berkomunikasi dengan sesama. Menurut Sukirman (1999) 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 di atas 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 di atas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku di atas perkerasan lentur.

Dari penjelasan di atas dapat membedakan konstruksi perkerasan jalan berdasarkan bahan pengikatnya. Dalam penelitian ini menjelaskan tentang konstruksi perkerasan lentur yang memiliki beberapa jenis campuran beraspal sesuai kebutuhan lalu lintas rencana.

2.2 Bahan Campuran Perkerasan

Bahan campuran perkerasan terdiri dari campuran agregat dan selebihnya adalah bahan pengikat (*bitumen*). Campuran agregat terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan *filler*.

2.2.1 Agregat

Menurut Sukirman (1999) agregat/batuan merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yaitu mengandung 90-95% agregat berdasarkan persentase berat atau 75-80% 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.

2.2.1.1 Klasifikasi Agregat

Menurut Sukirman (1999) berdasarkan besar partikel-partikel agregat, agregat dapat dibedakan atas:

- a. Agregat kasar, agregat $> 4,75$ mm menurut ASTM atau > 2 mm menurut AASHTO.
- b. Agregat halus, agregat $< 4,75$ mm menurut ASTM atau < 2 mm dan $> 0,075$ mm menurut AASHTO.
- c. Abu batu / *filler*, agregat halus umumnya lolos saringan No. 200

2.2.1.2 Sifat Agregat

Sifat agregat menentukan kualitasnya sebagai bahan material perkerasan jalan, dimana agregat itu sendiri merupakan bahan yang kaku dan keras. Agregat dengan kualitas dan mutu yang baik dibutuhkan untuk lapisan permukaan yang langsung memikul beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan dibawahnya.

(Sukirman, 1999). Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan dapat dikelompokkan menjadi :

- a. Kekuatan dan keawetan yang dipengaruhi oleh:
 1. Gradasi
 2. Ukuran maksimum
 3. Kadar lempung
 4. Kekerasan dan ketahanan
 5. Bentuk butir
 6. Tekstur permukaan
- b. Kemampuan yang dilapisi dengan aspal yang baik dipengaruhi oleh:
 1. Porositas
 2. Kemungkinan basah
 3. Jenis agregat
- c. Kemudahan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang nyaman dan aman yang dipengaruhi oleh:
 1. Tahan geser (*skid resistance*)
 2. Campuran yang memberikan kemudahan dalam pelaksanaan (*bituminous mix workability*)

2.2.1.3 Gradasi Agregat

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 (Sukirman, 1999). Gradasi agregat dapat dibedakan atas:

a. Gradasi Seragam (*Uniform Graded*)

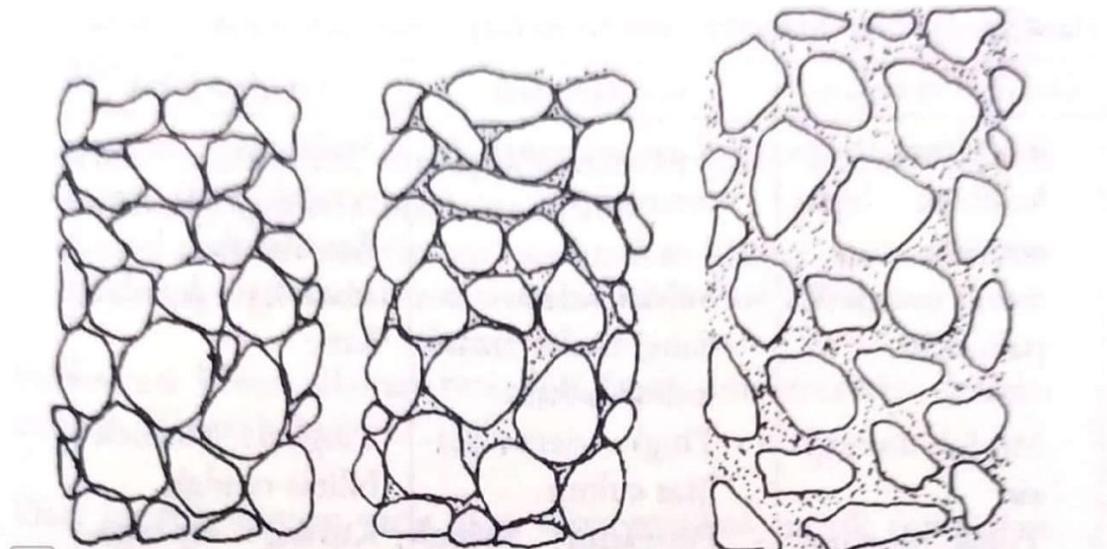
Gradasi seragam adalah agregat dengan ukuran yang hampir sama/sejenis atau mengandung agregat halus yang sedikit jumlahnya sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat. Gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka. Agregat dengan gradasi seragam akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan sifat permeabilitas tinggi, stabilitas kurang, berat volume kecil.

b. Gradasi Rapat (*Dense Graded*)

Gradasi rapat merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang berimbang, sehingga dinamakan juga agregat bergradasi baik (*well graded*). Agregat dengan gradasi rapat akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan stabilitas tinggi, kurang kedap air, sifat drainase jelek dan berat volume besar.

c. Gradasi Buruk/Jelek (*Poorly Graded*)

Gradasi buruk/jelek merupakan campuran agregat yang tidak memenuhi 2 kategori di atas. Agregat bergradasi buruk yang umum digunakan untuk perkerasan lentur yaitu gradasi celah (*gap graded*), merupakan campuran agregat dengan 1 fraksi hilang atau 1 fraksi sedikit sekali. Sering disebut juga gradasi senjang. Agregat dengan gradasi senjang akan menghasilkan lapisan perkerasan yang mutunya terletak antara kedua jenis di atas.



Gradasi
Seragam

Gradasi
Baik

Gradasi Jelek dengan
Kebanyakan Butir Halus

Gambar 0.1 Jenis gradasi agregat
Sumber : Buku Beton Aspal Campuran Panas

2.2.1.4 Daya Tahan Agregat

Menurut Sukirman (1999) Daya tahan agregat adalah ketahanan agregat untuk tidak hancur/pecah oleh pengaruh mekanis ataupun kimia. Degradasi didefinisikan sebagai kehancuran agregat menjadi partikel-partikel yang lebih kecil akibat gaya yang diberikan pada waktu penimbunan, pemadatan ataupun oleh beban lalu lintas. Disintegrasi didefinisikan sebagai pelapukan pada agregat menjadi butir-butir halus akibat pengaruh kimiawi seperti kelembaban, kepanasan ataupun perbedaan temperature 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 layanan jalan tersebut. Ketahanan agregat terhadap

penghancuran (degradasi) diperiksa dengan menggunakan percobaan Abrasi *Los Angeles* berdasarkan PB 0206-76, AASHTO T96-7 (1982).

2.2.1.5 Bentuk dan Tekstur Agregat

Menurut Sukirman (1999) Bentuk dan tekstur mempengaruhi stabilitas dari lapisan perkerasan yang dibentuk oleh agregat tersebut. Partikel agregat dapat berbentuk :

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 kontak kecil sehingga menghasilkan daya *interlocking* yang lebih kecil dan lebih mudah tergelincir.

b. Lonjong (*elongated*)

Partikel agregat berbentuk lonjong dapat ditemui di sungaisungai atau bekas endapan sungai. Agregat dikatakan lonjong jika ukuran terpanjangnya $> 1,8$ kali diameter rata-rata. Indeks kelonjongan adalah perbandingan dalam persen dari berat agregat lonjong terhadap berat total. Sifat *interlockingnya* hampir sama dengan yang berbentuk bulat.

c. Kubus (*cubical*)

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

d. 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 pipih yaitu agregat yang lebih tipis dari 0,6 kali diameter rata-rata. 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 yang tidak beraturan, tidak mengikuti salah satu yang disebutkan diatas. Gesekan yang timbul antar partikel menentukan juga 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*), agregat yang permukaannya berpori (*porous*).

2.2.1.6 Pemeriksaan Agregat

Sifat-sifat Agregat harus selalu diperiksa sehingga memenuhi syarat yang telah ditetapkan pada perkerasan lentur. Pemeriksaan yang dilakukan untuk Agregat adalah sebagai berikut:

a. Berat Jenis (*specific gravity*)

Menurut Sukirman (1999) 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 banyak 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. Terdapat empat jenis berat jenis (*specific gravity*) yaitu:

1. Berat jenis *bulk* (*bulk specific gravity*), adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering dan seluruh volume agregat.
2. Berat jenis kering permukaan (*saturated surfaced dry*), adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering permukaan, jadi merupakan berat agregat kering berat air yang dapat meresap ke dalam pori agregat, dan seluruh volume agregat.
3. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*), adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering, dan volume agregat yang tak dapat diresapi oleh air.
4. Berat jenis efektif (*effective specific gravity*), adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering, dan volume agregat yang tak dapat diresapi aspal.

b. Pengujian Kekekalan Agregat

Pengujian ini untuk menentukan kekekalan agregat dari proses disintegrasi oleh larutan natrium sulfat atau magnesium sulfat jenuh. Hal tersebut dilakukan dengan cara perendaman agregat secara berulang-ulang di dalam larutan natrium atau magnesium sulfat jenuh yang diikuti dengan pengeringan menggunakan

oven untuk menguapkan sebagian atau keseluruhan garam terlarut di dalam ruang pori permeabel. Gaya ekspansif internal, berasal dari rehidrasi garam pada saat perendaman kembali, sebagai simulasi dari sifat ekspansif air pada proses pembekuan. Cara uji ini membantu memberikan informasi yang lengkap pada saat menentukan sifat kekekalan agregat terhadap pengaruh cuaca. Sesuai dengan SNI 3407:2007.

c. Pengujian Keausan Agregat

Pengujian ini meliputi prosedur untuk pengujian keausan agregat kasar dengan ukuran 75 mm (3 inci) sampai dengan ukuran 2,36 mm (saringan no.8) dengan menggunakan mesin abrasi *Los Angeles*. Pengujian ini memperoleh perbandingan antara berat bahan yang hilang atau tergerus (akibat benturan bola-bola baja) terhadap bahan awal (semula). Sesuai dengan SNI 2417:2008.

d. Pengujian Kelekatan Agregat terhadap Aspal

Cara uji ini dimaksudkan sebagai acuan dan pegangan dalam pelaksanaan pengujian penyelimutan dan pengelupasan pada campuran agregat-aspal. Jenis aspal yang diterapkan dalam cara uji ini meliputi aspal cair, aspal emulsi, dan aspal semi padat.

Penyelimutan agregat terhadap aspal adalah persentase luas permukaan agregat yang diselimuti aspal terhadap permukaan agregat. Alat dan bahan yang digunakan adalah cawan, timbangan, pisau pengaduk (*spatula*), oven, saringan, agregat, air suling, dan aspal. Ringkasan cara uji sebagai berikut.

Agregat yang telah dipilih dan disiapkan dilapisi dengan aspal pada temperatur yang telah ditentukan, sesuai dengan kelas (*grade*) aspal yang digunakan. Bila digunakan aspal cair (*cut back asphalt*), agregat yang diselimuti

aspal dibiarkan pada temperatur 60 °C. Bila digunakan aspal emulsi, agregat yang diselimuti aspal dibiarkan pada temperatur 135 °C. Setelah penyelimutan, bila digunakan aspal semi padat, atau setelah mengikat untuk aspal cair, aspal emulsi, agregat yang terselimuti direndam dalam air suling selama (16 - 18) jam pada temperatur ruang. Pada akhir periode perendaman dan campuran agregat-aspal masih di dalam air, luas total permukaan agregat yang masih diselimuti film aspal diperkirakan secara visual, apakah nilainya di bawah 95 % atau di atas 95 %. Sesuai dengan SNI 2439:2011.

e. Pengujian Butir Pecah pada Agregat Kasar

Metode uji penentuan persentase butir pecah pada agregat kasar atau yang lebih dikenal dengan pengujian angularitas agregat kasar, diperlukan untuk menentukan kualitas agregat kasar yang akan digunakan dalam suatu konstruksi. Penggunaan butiran agregat kasar yang mempunyai bidang pecah akan menambah tahanan gesek antar butiran dalam campuran sehingga menambah stabilitas campuran, dan juga akan memberikan tekstur permukaan yang baik sehingga menambah kekesatan.

Hasil pengujian ini digunakan untuk menentukan/menetapkan agregat kasar yang dapat digunakan dalam campuran sesuai dengan batasan dalam spesifikasi dan memberikan keterangan tentang kualitas agregat kasar untuk produsen, perencana dan pelaksana. Metode uji ini menguraikan prosedur standar untuk menentukan agregat kasar yang memenuhi standar dapat diterima sesuai persyaratan tertentu. Sesuai dengan SNI 7619:2012.

f. Pengujian Material Lolos Ayakan No. 200

Metode uji ini merupakan acuan dan pegangan bagi pelaksana, teknisi laboratorium atau produsen dalam melakukan pengujian jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan 75 μm (No.200) Secara garis besar metode uji ini untuk memperoleh persentase jumlah bahan yang lebih halus dari saringan 75 μm (No. 200) dalam agregat mineral dengan pencucian yang berguna bagi perencanaan campuran beton. Lingkup pengujian SNI ini meliputi peralatan dan bahan, pengambilan contoh, pemilihan prosedur, perhitungan, dan laporan untuk menentukan persentase bahan dalam agregat yang lolos saringan 75 μm (No. 200). Sesuai dengan SNI ASTM C117:2012.

g. Pengujian Nilai setara pasir

Metode pengujian agregat halus atau pasir yang mengandung bahan plastik dengan cara setara pasir ini dimaksudkan sebagai acuan dan pegangan untuk mengetahui kualitas pasir atau agregat halus yang lolos saringan no. 4 (4,76 mm). Tujuan metode ini adalah untuk menyeragamkan cara pengujian pasir atau agregat halus yang plastis dengan cara setara pasir. Nilai setara pasir adalah perbandingan antara skala pembacaan lumpur pada alat uji kadar lumpur pada alat uji setara pasir yang dinyatakan dalam persen. Sesuai dengan SNI 03-4428-1997.

h. Pengujian Uji kadar rongga tanpa pemadatan

Metoda pengujian ini adalah untuk menentukan kadar rongga agregat halus dalam keadaan lepas (tidak dipadatkan). Bila pengujian dilakukan pada agregat yang gradasinya diketahui, kadar rongga dapat menjadi indikator angularitas, bentuk butir dan tekstur permukaan relatif terhadap agregat halus lain dengan gradasi yang sama. Bila pengujian dilakukan terhadap agregat halus sesuai

gradasi yang akan digunakan di lapangan, kadar rongga merupakan indikator terhadap kemudahan pengerjaan suatu campuran.

Ada tiga prosedur untuk menentukan kadar rongga. Dua prosedur digunakan untuk agregat halus dengan gradasi tertentu (gradasi standar atau yang gradasinya telah diketahui) dan satu prosedur lagi digunakan untuk contoh yang terdiri atas fraksi tertentu agregat. Sesuai dengan SNI 03-6877-2002.

2.2.2 Aspal

Berdasarkan Sukirman (1999) 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 atau 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.

2.2.2.1 Jenis Aspal

Menurut Sukirman (1999) berdasarkan cara diperolehnya aspal dapat dibedakan atas:

a. Aspal alam, dapat dibedakan atas:

1. Aspal gunung (*rock asphalt*), contoh aspal dari Pulau Buton.

2. Aspal danau (*lake asphalt*), contoh aspal dari Bermudez, Trinidad.

b. Aspal buatan

1. Aspal minyak, merupakan hasil penyulingan minyak bumi.
2. Tar, merupakan hasil penyulingan batu bara.

Tidak umum digunakan untuk perkerasan jalan karena lebih cepat mengeras, peka terhadap perubahan temperatur dan beracun.

Menurut Sukirman (1999) Aspal minyak dengan bahan dasar aspal dapat dibedakan atas:

a. Aspal keras/panas (*asphalt cement*, AC) adalah aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan panas. Aspal ini berbentuk padat pada keadaan penyimpanan (temperatur ruang). Aspal semen pada temperatur ruang (25 - 30° C) berbentuk padat. Aspal semen terdiri dari beberapa jenis tergantung dari proses pembuatannya dan jenis minyak bumi asalnya. Pengelompokkan aspal semen dapat dilakukan berdasarkan nilai penetrasi pada temperatur 25° C ataupun berdasarkan nilai viskositasnya. Di Indonesia, aspal semen biasanya dibedakan berdasarkan nilai penetrasinya yaitu :

1. AC pen 40/50, 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 200/300, yaitu AC dengan penetrasi antara 200- pen 300.

Aspal semen dengan penetrasi rendah digunakan di daerah ber- cuaca panas atau lalu lintas dengan volume tinggi, sedangkan as- pal semen dengan penetrasi tinggi digunakan untuk daerah bercuaca dingin atau lalu lintas dengan volume

rendah. Di Indonesia pada umumnya dipergunakan aspal semen dengan penetrasi 60/70 dan 80/100.

b. Aspal cair (*cut back asphalt*) 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 aspal yang paling cepat menguap.

2. MC (*Medium Curing cut back*) Merupakan aspal semen yang cair yang dilarutkan dengan bahan pencair yang lebih kental seperti minyak tanah

3. SC (*Slow Curing Cut Back*) Merupakan aspal semen yang dilarutkan dengan bahan lebih kental seperti solar. Aspal jenis ini merupakan cutback aspal yang paling lama menguap. Berdasarkan nilai viskositas pada temperatur 60° C, cutback aspal dapat dibedakan atas :

RC 30	-60	MC 30	-60	SC 30	-60
RC 70	-40	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

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

1. Kationik disebut juga aspal emulsi asam, merupakan aspal emulsi yang bermuatan arus listrik positip.

2. Anionik disebut juga aspal emulsi alkali, merupakan aspal emulsi yang bermuatan negatip.

3. Nonionik merupakan aspal emulsi yang tidak mengalami ionisasi, berarti tidak mengantarkan listrik.

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

1. *Rapid setting* (RS), aspal yang mengandung sedikit bahan pengemulsi sehingga pengikatan yang terjadi cepat.
2. *Medium setting* (MS)
3. *Slow setting* (SS), jenis aspal emulsi yang paling lambat menguap.

2.2.2.2 Sifat Aspal

Menurut Sukirman (1999) aspal yang dipergunakan pada konstruksi perkerasan jalan berfungsi sebagai:

- a. Bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat dan antara aspal itu sendiri.
- b. Bahan pengisi, mengisi rongga udara 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.

Berikut sifat-sifat aspal menurut Sukirman (1999):

- a. Daya Tahan (*Durability*)

Daya tahan aspal adalah kemampuan aspal mempertahankan sifat asalnya akibat pengaruh cuaca selama masa pelayanan jalan. Sifat ini merupakan sifat dari campuran aspal, jadi tergantung dari sifat agregat, campuran dengan aspal,

faktor pelaksanaan dls. Meskipun demikian sifat ini dapat diperkirakan dari pemeriksaan *Thin Film Oven Test* (TFOT).

b. Adhesi dan Kohesi

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

c. Kepekaan Terhadap Temperatur

Aspal adalah material yang 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.

d. Kekerasan Aspal

Aspal pada proses pencampuran dipanaskan dan dicampur dengan agregat sehingga agregat dilapisi aspal atau aspal panas disiramkan kepermukaan 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.

2.2.2.3 Pemeriksaan Aspal

Menurut Sukirman (1999) 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. Berikut adalah pemeriksaan terhadap aspal keras:

a. Pemeriksaan Penetrasi Aspal

Berdasarkan SNI 2456-2011 aspal merupakan bahan pengikat agregat yang mutu dan jumlahnya sangat menentukan keberhasilan suatu campuran beraspal yang merupakan bahan jalan. Salah satu jenis pengujian dalam menentukan persyaratan mutu aspal adalah penetrasi aspal yang merupakan sifat rheologi aspal yaitu kekerasan aspal. Hasil pengujian ini selanjutnya dapat digunakan dalam hal pengendalian mutu aspal atau tar untuk keperluan pembangunan, peningkatan atau pemeliharaan jalan. Pengujian penetrasi ini sangat dipengaruhi oleh faktor berat beban total, ukuran sudut dan kehalusan permukaan jarum, temperatur dan waktu. Oleh karena itu perlu disusun dengan rinci ukuran, persyaratan dan batasan peralatan, waktu dan beban yang digunakan dalam penentuan penetrasi aspal.

b. Pemeriksaan Titik Lembek Aspal

Berdasarkan SNI 2434:2011 cara uji titik lembek aspal dengan alat Cincin dan Bola (Ring and Ball), dimaksudkan untuk menentukan angka titik lembek aspal yang berkisar dari 30°C sampai dengan 157°C dengan cara Ring and Ball. Pada cara uji ini diuraikan mengenai penggunaan beberapa media; air suling, gliserin dan Ethylene glycol, penggunaan berbagai media memperlihatkan berbagai variasi temperatur titik lembek. Untuk aspal yang biasa digunakan pada perkerasan jalan yaitu aspal pen 60 mempunyai temperatur titik lembek dari 48°C sampai dengan 58°C. Pengujian titik lembek ini penting di dalam

persyaratan aspal, yang mengindikasikan aspal cenderung melunak pada kenaikan temperatur pada perkerasan jalan.

c. Pemeriksaan Daktilitas Aspal

Berdasarkan SNI 2432:2011 cara uji ini digunakan untuk mengukur pemuluran aspal sesuai persyaratan dan spesifikasi aspal. Peralatan yang digunakan adalah cetakan daktilitas, bak perendam, mesin penguji, dan termometer. Ringkasan pengujian adalah masukkan benda uji ke dalam bak perendam selama 85 menit sampai dengan 95 menit, lepaskan benda uji dari pelat dasar dan langsung pasang ke mesin uji dengan cara memasukkan lubang cetakan ke pemegang di mesin, jalankan mesin dengan kecepatan yang dipersyaratkan, ukur pemuluran benda uji pada saat putus.

Standar ini mencakup pengujian daktilitas aspal keras, residu aspal emulsi, residu aspal cair dan bitumen aspal alam yang menunjukkan pemuluran aspal. Pengujian dilakukan pada temperatur $25^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ atau temperatur lainnya dengan cara menentukan jarak pemuluran aspal dalam cetakan pada saat putus setelah ditarik dengan kecepatan 50 mm per menit $\pm 2,5$ mm.

d. Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal

Berdasarkan SNI 2433:2011 titik nyala dapat digunakan untuk mengukur kecenderungan aspal dapat terbakar akibat panas dan api pada kondisi terkontrol di laboratorium. Hasil tersebut dapat digunakan sebagai informasi bahaya kebakaran yang sesungguhnya di lapangan; Peralatan yang digunakan terdiri dari: cawan cleveland, pelat pemanas, nyala api penguji, termometer, pemanas dan penyangga, sedangkan bahan yang digunakan adalah pelarut pembersih yang terdiri dari *aseton*, *toluen*, *xylene* dan minyak tanah. Ringkasan pengujian

adalah masukkan kurang lebih 70 mL benda uji aspal ke dalam cawan cleveland. Pada awal pemanasan naikkan temperatur benda uji dengan cepat dan kemudian setelah mendekati temperatur titik nyala-perkiraan, atur kenaikan temperatur menjadi lebih lambat dan konstan. Pada saat itu nyala api penguji dilewatkan pada cawan cleveland hingga diperoleh titik nyala dan titik bakar.

e. Pemeriksaan Kehilangan Berat Aspal

Berdasarkan SNI 2441:2011 Pemeriksaan dilakukan bertujuan untuk mengetahui pengaruh berat akibat penguapan bahan-bahan yang mudah menguap dalam aspal. Penurunan berat menunjukkan adanya komponen aspal yang menguap yang dapat berakibat aspal mengalami pengerasan yang eksekif/berlebihan sehingga menjadi getas (rapuh) bila pengurangan berat melebihi syarat maksimumnya. Pengujian ini dilanjutkan dengan pengujian nilai penetrasi aspal, untuk mengetahui peningkatan kekerasannya (dalam% penetrasi semula).

f. Pemeriksaan Berat Jenis Aspal

Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat aspal dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu, 25°C. Data berat jenis aspal dipergunakan untuk perhitungan dalam perencanaan dan evaluasi sifat campuran aspal beton (perhitungan SGmix dan porositas).

g. Pemeriksaan Viskositas Aspal

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan tingkat kekentalan (viskositas) aspal keras dengan menggunakan alat *saybolt viscosimeter* dan aspal cair dengan menggunakan alat Engler. Tingkat material bitumen dan suhu yang digunakan sangat tergantung pada kekentalannya. Kekentalan bitumen sangat bervariasi terhadap suhu, dari tingkakan padat, encer sampa tingkat cair. Hubungan

antara kekentalan dan suhu sangat penting dalam perencanaan dan penggunaan material bitumen.

2.3 Campuran Beraspal Panas

2.3.1 Jenis Campuran Beraspal

Jenis campuran beraspal dapat dibedakan dari gradasi agregat dan ketebalan lapisan. Sesuai dengan Spesifikasi Umum Pekerjaan Jalan dan Jembatan Bina Marga (2018), jenis campuran beraspal adalah sebagai berikut.

a. *Stone Matrix Asphalt (SMA)*

Stone Matrix Asphalt selanjutnya disebut SMA, terdiri atas tiga jenis: SMA Tipis; SMA Halus dan SMA Kasar, dengan ukuran partikel maksimum agregat masing-masing campuran adalah 12,5 mm, 19 mm, 25 mm. Setiap campuran SMA yang menggunakan bahan Aspal *Polymer* disebut masing-masing sebagai SMA Tipis Modifikasi, SMA Halus Modifikasi, dan SMA Kasar Modifikasi

b. Lapis Tipis Aspal Beton (*Hot Rolled Sheet, HRS*)

Lapis Tipis Aspal Beton (Laston) yang selanjutnya disebut HRS, terdiri dari dua jenis campuran, HRS Fondasi (*HRS-Base*) dan HRS Lapis Aus (*HRS Wearing Course, HRS-WC*) dan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm. *HRS-Base* mempunyai proporsi fraksi agregat kasar lebih besar daripada *HRS-WC*.

c. Lapis Aspal Beton (*Asphalt Concrete, AC*)

Lapis Aspal Beton (Laston) yang selanjutnya disebut AC, terdiri dari tiga jenis: AC Lapis Aus (*AC-WC*); AC Lapis Antara (*AC-Binder Course, AC-BC*) dan AC Lapis Fondasi (*AC-Base*), dengan ukuran maksimum agregat masing-

masing campuran adalah 19 mm, 25,4 mm, 37,5 mm. Setiap jenis campuran AC yang menggunakan bahan Aspal *Polymer* disebut masing-masing sebagai AC-WC Modifikasim, AC-BC Modifikasi, dan AC-*Base* Modifikasi.

2.3.2 Karakteristik Campuran Beraspal Panas

Menurut Sukirman (2003), terdapat tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh beton aspal adalah stabilitas (*stability*), keawetan (*durability*), kelenturan (*flexibility*), ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*), kekesatan permukaan atau ketahanan geser (*skid resistance*), kedap air dan kemudahan pelaksanaan (*workability*). Berikut sedikit penjelasan tentang karakteristik campuran beraspal.

2.3.2.1 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.

2.3.2.2 Durabilitas (Keawetan/Daya Tahan)

Durabilitas diperlukan pada lapisan permukaan sehingga lapisan dapat mampu menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air, dan perubahan suhu ataupun keausan akibat gesekan roda kendaraan. Faktor yang mempengaruhi durabilitas lapis aspal beton adalah:

- a. VIM kecil sehingga lapis kedap air dan udara tidak masuk ke dalam 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 digunakan agregat bergradasi senjang.
- c. Film (selimut) aspal, film aspal yang tebal dapat menghasilkan lapis aspal beton yang durabilitas tinggi, tetapi kemungkinan terjadinya bleeding menjadi besar.

2.3.2.3 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.

2.3.2.4 Kekesatan (Skid Resistance)

Tahanan geser adalah 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 dengan roda kendaraan.

2.3.2.5 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.

2.3.2.6 Kedap Air

Kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara lapisan beton aspal. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal dan pengelupasan selimut aspal dari permukaan agregat.

2.3.2.7 *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 gradasi agregat. Agregat bergradasi baik lebih mudah dilaksanakan daripada agregat bergradasi lain.

2.4 Perencanaan Campuran Beraspal Panas

Menurut Sukirman (2003) langkah-langkah rancangan campuran metode Marshall adalah :

2.4.1 Pengujian Material

Mempelajari spesifikasi gradasi agregat campuran yang diinginkan dari spesifikasi campuran pekerjaan. Seperti agregat kasar, agregat halus, dan *filler*. Sifat- sifat material memenuhi spesifikasi yang ditentukan.

2.4.2 Penentuan Proporsi Agregat

Rumus dasar dari proses mencampur dua, tiga atau lebih fraksi agregat dapat dituliskan dalam bentuk di bawah ini.

$$P = aA + bB + cC \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan:

- P = persen lolos saringan dengan bukaan d mm yang diinginkan, diperoleh dari spesifikasi campuran.
- A = persen lolos saringan fraksi agregat A untuk bukaan d mm.
- B = persen lolos saringan fraksi agregat B untuk bukaan d mm.
- C = persen lolos saringan fraksi agregat C untuk bukaan d mm.
- a = proporsi dari fraksi agregat A.
- b = proporsi dari fraksi agregat B.
- c = proporsi dari fraksi agregat C.
- (a + b + c) = 1 atau 100

Nilai a,b,c diperoleh dengan "*trial and error*", karena perhitungan P yang dilakukan untuk satu ukuran saringan belum tentu secara keseluruhan dapat menghasilkan campuran yang memenuhi spesifikasi campuran. Proporsi yang terbaik adalah proporsi yang dapat menghasilkan agregat campuran bergradasi mendekati gradasi tengah rentang spesifikasi.

2.4.3 Penentuan Kadar Aspal Total dalam Campuran

Kadar aspal total dalam campuran beton aspal adalah kadar aspal efektif yang membungkus atau menyelimuti butir-butir agregat, mengisi pori antara agregat, ditambah dengan kadar aspal yang akan terserap masuk ke dalam pori masing-masing butir agregat. Biasanya kadar aspal campuran telah ditetapkan dalam spesifikasi sifat campuran, maka untuk rancangan campuran di laboratorium dipergunakan kadar aspal tengah/ideal. Kadar aspal tengah yaitu nilai tengah dari rentang kadar aspal dalam spesifikasi campuran. Kadar aspal tengah/ideal dapat pula ditentukan dengan mempergunakan beberapa rumus di bawah ini, yaitu :

$$Pb = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%FF) + K \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

PB = kadar aspal awal terhadap berat total campuran

% CA = persen agregat kasar (coarse aggregate) terhadap berat total agregat

% FA = persen agregat halus (fine aggregate) terhadap berat total agregat

% FF = persen filler terhadap berat total agregat

K = nilai konstanta

= 0,5 – 1,0 untuk laston

= 2,0 – 3,0 untuk lataston

2.4.4 Pembuatan Benda Uji atau Briket Beton Aspal

Terlebih dahulu disiapkan agregat dan aspal sesuai jumlah benda uji yang akan dibuat. Untuk mendapatkan kadar aspal optimum umumnya dibuat 15 buah benda uji dengan 5 variasi kadar aspal yang masing-masing berbeda 0,5%. Kadar aspal yang dipilih haruslah sedemikian rupa, sehingga dua kadar aspal kurang dari nilai kadar aspal tengah, dan dua kadar aspal lagi lebih besar dari nilai kadar aspal tengah. Jika kadar aspal tengah adalah a %, maka benda uji dibuat untuk kadar aspal $(a-1)$ %, $(a-0,5)$ %, a %, $(a + 0,5)$ %, dan $(a + 1)$ %. Masing-masing kadar aspal dibuat 3 buah benda uji.

Kadar aspal maupun persen lolos saringan untuk agregat dihitung berdasarkan berat campuran. Benda uji disiapkan pula untuk menentukan berat jenis maksimum campuran beton aspal yang belum dipadatkan (G) sesuai AASHTO T209-90.

2.4.5 Pengujian *Marshall*

Melakukan uji Marshall untuk mendapatkan stabilitas dan kelelahan (flow) benda uji mengikuti prosedur SNI 06-2489-1991 atau AASHTO T245-90. Penimbangan yang dibutuhkan berkaitan dengan perhitungan sifat volumetrik campuran dilakukan terlebih dahulu sebelum uji Marshall dilakukan.

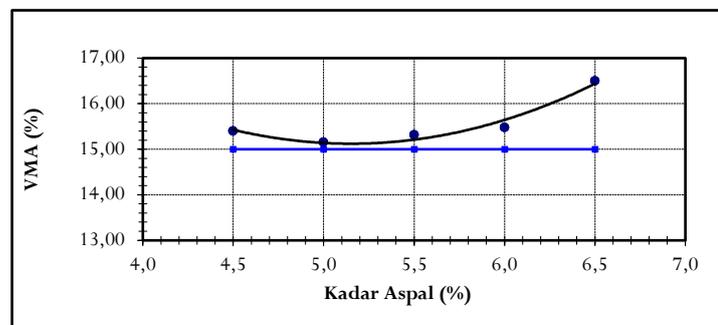
2.4.6 Perhitungan Parameter *Marshall*

Menghitung parameter aspal yaitu VIM, VMA, VFA, berat volume, dan parameter lain sesuai parameter yang ada pada spesifikasi campuran.

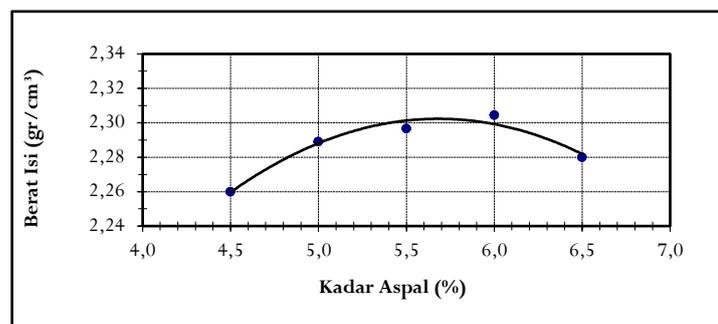
2.4.7 Penggambaran Hubungan Kadar Aspal dan Parameter *Marshall*

Kecenderungan bentuk lengkung hubungan antara kadar aspal dan parameter Marshall adalah:

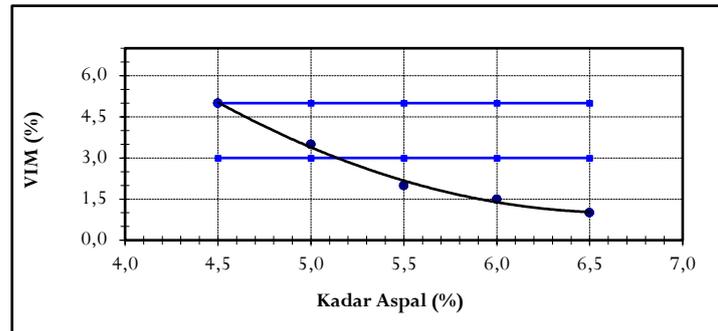
1. Stabilitas akan meningkat jika kadar aspal bertambah, sampai mencapai nilai maksimum, dan setelah itu stabilitas akan menurun
2. Kelelehan atau flow akan terus meningkat dengan meningkatnya kadar aspal.
3. Lengkung berat volume identik dengan lengkung stabilitas, tetapi nilai maksimum tercapai pada kadar aspal yang sedikit lebih tinggi dari kadar aspal untuk mencapai stabilitas maksimum.
4. Lengkung VIM akan terus menurun dengan bertambahnya kadar aspal sampai secara ultimit mencapai nilai minimum.
5. Lengkung VMA akan turun sampai mecapar milar minimum dan kemudian kembali bertambah dengan bertambahnya kadar aspal.



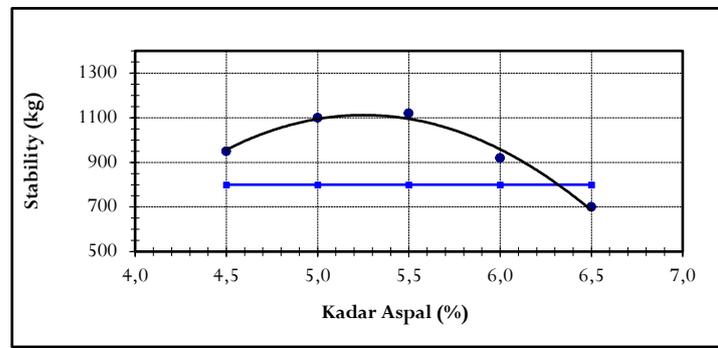
Gambar 0.2 Grafik Voids in Mineral Agregat (VMA)
Sumber : data dari jurnal sebelumnya



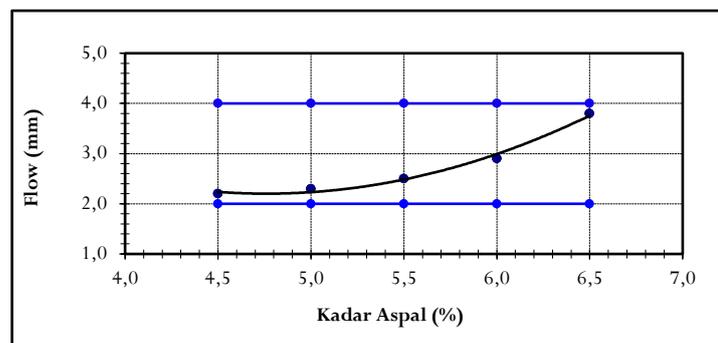
Gambar 0.3 Grafik Berat Isi
Sumber : data dari jurnal sebelumnya



Gambar 0.4 Grafik Voids in Mix (VIM)
Sumber : data dari jurnal sebelumnya



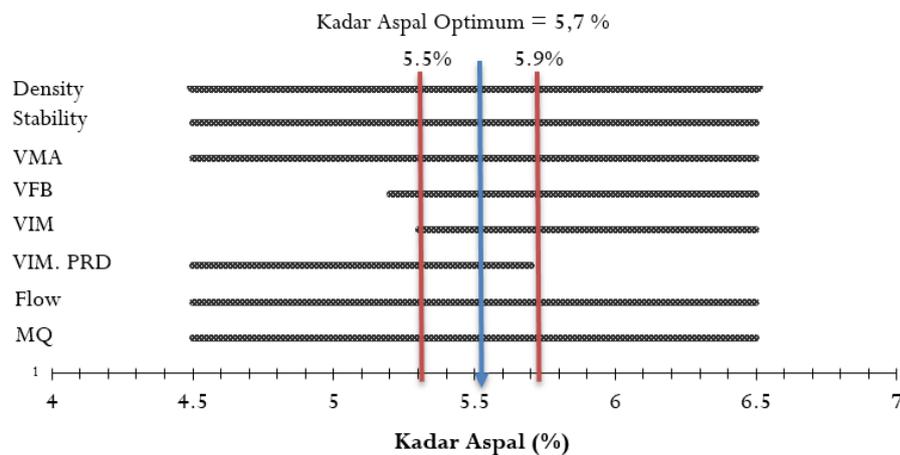
Gambar 0.5 Grafik Stabilitas
Sumber : data dari jurnal sebelumnya



Gambar 0.6 Grafik Flow
Sumber : data dari jurnal sebelumnya

2.4.8 Penentuan Kadar Aspal Optimum

Dengan mempergunakan Gambar dibawah ini dapat ditentukan nilai kadar aspal optimum, yaitu dengan menempatkan batas-batas spesifikasi campuran pada Gambar tersebut. Kadar aspal optimum adalah nilai tengah dari rentang kadar aspal yang memenuhi semua spesifikasi campuran. Kadar aspal optimum yang baik adalah kadar aspal yang memenuhi semua sifat campuran yang diinginkan dalam rentang kadar aspal optimum $\pm 0,5\%$. Hal ini dibutuhkan untuk mengakomodir fluktuasi yang mungkin terjadi selama produksi campuran. Tidak selalu dapat diperoleh kadar aspal optimum yang memenuhi syarat. Di samping itu perlu pula pertimbangan akan hasil yang diperoleh, apakah perlu koreksi akan proporsi campuran, atau perlu mencari sumber agregat yang baru.



Gambar 0.7 Contoh penentuan Kadar Aspal Optimum
Sumber : data dari jurnal sebelumnya

2.5 Pengukuran Volumetrik Sampel

Campuran beraspal panas pada dasarnya terdiri dari aspal dan agregat, proporsi masing-masing bahan harus dirancang sedemikian rupa agar dihasilkan

aspal beton yang dapat melayani lalu lintas dan tahan terhadap pengaruh lingkungan selama masa pelayanan. Ini berarti campuran beraspal harus :

- a. Mengandung cukup kadar aspal agar awet
- b. Mempunyai stabilitas yang memadai untuk menahan beban lalu lintas
- c. Mengandung cukup rongga udara (VIM) agar tersedia ruangan yang cukup untuk menampung ekspansi aspal akibat pemadatan lanjutan oleh lalu lintas dan kenaikan temperatur udara tanpa mengalami bleeding atau deformasi plastis
- d. Rongga udara yang ada harus juga dibatasi untuk membatasi permeabilitas campuran.
- e. Mudah dilaksanakan sehingga campuran beraspal dapat dengan mudah dihamparkan dan dapat sesuai dengan rencana memenuhi spesifikasi.

Dalam pedoman Teknik No. 025/T/BM/1999, kinerja campuran beraspal ditentukan oleh volumetrik campuran (padat) yang terdiri atas.

2.5.1 Berat Jenis Agregat

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 banyak 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 yang besar membutuhkan jumlah aspal yang banyak.

Ada 3 jenis berat jenis yang dapat ditentukan berdasarkan manual PB 0202-76 atau AASTHO T 85-81.

1. *Bulk Specific Gravity* (Berat Jenis Bulk)

Berat jenis bulk 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).

$$\text{Bulk SG} = \frac{W_s}{V_p + V_i + V_s \cdot \gamma_w} = \frac{W_s}{B_j - B_a} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan:

- VP = volume pori yang dapat diresap air
- Vi = Volume pori yang tak dapat diresap air
- Vs = volume partikel agregat
- Ws = berat kering partikel agregat
- γ_w = berat volume air
- Bj = berat dalam keadaan jenuh
- Ba = berat dalam keadaan air

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

2. Apparent Specific Gravity (Berat Jenis Apperent)

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

$$\text{Apparent SG} = \frac{W_s}{V_s + V_i \cdot \gamma_w} = \frac{W_s}{B_a - B_k} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan:

- Ws = berat kering partikel agregat
- Vi = Volume pori yang tak dapat diresap air

- V_s = volume partikel agregat
 γ_w = berat volume air
 B_a = berat dalam keadaan air
 B_k = berat agregat kering

3. *Effective Specific Gravity* (Berat Jenis Efektif)

Pada kenyataannya aspal yang digunakan secara normal hanya akan meresapi sebagian dari pori yang dapat diresapi oleh air itu. Dengan demikian sebaliknya menggunakan berat jenis efektif.

$$Effective\ SG = \frac{W_s}{(V_s+V+V_i)} + \frac{B_j}{B_j - B_a} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan:

- V = Volume total dari agregat
 V_i = Volume pori yang tak dapat diresap air
 V_s = volume partikel agregat
 W_s = berat kering partikel agregat
 B_j = berat dalam keadaan jenuh
 B_a = berat dalam keadaan air

2.5.2 Berat Jenis Maksimum Campuran

Berat jenis maksimum campuran, Gmm pada masing-masing kadar aspal diperlukan untuk menghitung kadar rongga masing-masing kadar aspal. Ketelitian hasil uji terbaik adalah bila kadar aspal campuran mendekati kadar aspal optimum. Sebaiknya pengujian berat jenis maksimum dilakukan dengan benda uji sebanyak minimum dua buah (duplikat) atau tiga buah (triplikat). Selanjutnya berat jenis

maksimum (G_{mm}) campuran untuk masing-masing kadar aspal dapat dihitung menggunakan berat jenis efektif (G_{se}) rata-rata seperti berikut:

$$G_{mm} = \frac{W}{V_{sb} + V_b - V_{ba}} \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan:

G_{mm} = berat jenis maksimum campuran, rongga udara nol

W = berat volume campuran yang telah dipadatkan

V_{sb} = volume agregat (Bulk)

V_b = volume aspal dalam campuran yang telah dipadatkan

V_{ba} = volume aspal yang terabsorpsi

2.5.3 Penyerapan Aspal

Penyerapan aspal dinyatakan dalam persen terhadap berat agregat total, tidak terhadap campuran, perhitungan penyerapan aspal (P_{ba}) adalah sebagai berikut:

$$P_{ba} = 100 \frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{sb} \cdot G_{se}} G_b \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan:

P_{ba} = penyerapan aspal, persen terhadap agregat

G_{sb} = berat jenis bulk agregat

G_{se} = berat jenis efektif agregat

G_b = berat jenis aspal

2.5.4 Kadar Aspal Efektif

Kadar aspal efektif (P_{be}) campuran beraspal adalah kadar aspal total dikurangi jumlah aspal yang terserap oleh partikel agregat. Kadar aspal efektif ini

akan menyelimuti permukaan agregat bagian luar yang pada akhirnya akan menentukan kinerja pekerasan beraspal. Rumus kadar aspal efektif adalah:

$$P_{be} = \left[\frac{P_b - \frac{P_{ba}}{100} (100 - P_b)}{100 - \frac{P_{ba}}{100} (100 - P_b)} \right] \cdot 100 \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan:

P_{be} = kadar aspal efektif, persen total campuran

P_b = kadar aspal, persen total campuran

P_{ba} = penyerapan aspal, persen total agregat

2.5.5 Voids in Mineral Aggregate (VMA)

VMA (*Voids in Mineral aggregate*) adalah ruang di antara partikel agregat pada suatu perkerasan beraspal, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). VMA dihitung berdasarkan berat jenis bulk (G_{sb}) agregat dan dinyatakan sebagai persen volume bulk campuran yang dipadatkan. VMA dapat dihitung pula terhadap berat campuran total atau terhadap berat agregat total. Perhitungan campuran total dengan rumus berikut:

1. Terhadap berat campuran total

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb} - P_s}{G_{sb}} \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan:

VMA = rongga di antara mineral agregat, persen volume bulk

G_{sb} = berat jenis bulk agregat

G_{mb} = berat jenis bulk campuran padat

P_s = kadar agregat, persen total campuran

2. Terhadap berat agregat total

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb}}{G_{sb}} \times \frac{100}{(100 + P_b)} 100 \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan :

VMA = rongga di antara mineral agregat, persen volume bulk

Gsb = berat jenis bulk agregat

Gmb = berat jenis bask campuran padat

Pb = kadar agregat, persen total campuran

2.5.6 Voids In Mix (VIM)

VIM (*Voids In Mix*) dalam campuran beraspal terdiri atas ruang udara di antara partikel agregat yang terselimuti aspal. Volume rongga udara dalam persen dapat ditentukan dengan rumus berikut:

$$VIM = 100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan:

VIM = rongga udara campuran, persen total campuran

Gmb = berat jenis bask campuran padat

Gmm = berat jenis maksimum campuran

2.5.7 Voids With Bitumen (VFB)

VFB (*Voids With Bitumen*) adalah persen rongga yang terdapat di antara partikel agregat VMA yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Rumus VFB adalah sebagai berikut;

$$VFB = \frac{100 (VMA - VIM)}{VMA} \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan:

VFB = rongga terisi aspal persen VMA

VMA = rongga di antara mineral agregat, persen volume bulk

VIM = rongga di dalam campuran, persen total campuran setelah pemadatan

2.5.8 Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan lapis keras dalam menahan beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk yang permanen, dinyatakan dalam kg. Pengukuran stabilitas dengan uji *Marshall* diperlukan untuk mengetahui kekuatan tekan geser dari sampel yang ditahan dua sisi kepala penekan, dengan nilai stabilitas yang cukup tinggi diharapkan perkerasan dapat menahan beban lalu lintas tanpa terjadi kehancuran geser.

Nilai stabilitas diperoleh berdasarkan nilai masing masing yang ditunjukkan oleh jarum arloji. Untuk nilai stabilitas, nilai yang ditunjukkan pada arloji perlu dikonversi terhadap alat *Marshall*. Hasil pembacaan di arloji stabilitas harus dikalikan dengan nilai kalibrasi *proving ring* yang digunakan pada alat *Marshall*. Pada penelitian ini, alat *Marshall* yang digunakan mempunyai nilai kalibrasi *proving ring* sebesar 12,72 stabilitas naik dengan bertambahnya kadar aspal sampai batas tertentu kemudian turun.

2.5.9 Kelelehan (*Flow*)

Nilai ditentukan oleh jarum arloji pembacaan *flow* pada alat *marshall*. Untuk arloji pembacaan *flow*, nilai yang didapat sudah dalam satuan mm, sehingga tidak perlu dikonversikan lebih lanjut. *Flow* secara konsisten terus naik bertambahnya kadar aspal.

2.5.10 Marshall Quotient (MQ)

Marshall quotient dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$MQ = \frac{MS}{MF} \dots\dots\dots(2.13)$$

Keterangan:

MQ = *Marshall Quotient*

MS = *Marshall Stability*

MF = *Flow Marshall*

Marshall Quotient bertambah dengan bertambahnya kadar aspal sampai batas tertentu kemudian turun.

2.5.11 Kadar Aspal Optimum

Kadar aspal pada suatu campuran Lapis Aspal Beton (Laston) mempengaruhi nilai *Specific Gravity* (SG), *Void in Mix* (VIM), *Voids in Material Agregates* (VMA), *Voids Filled with Asphalt* (VFA), Stabilitas, *Flow*, dan *Marshall Qoutient*.

Kualitas dan kuantitas aspal dalam campuran sangat berpengaruh terhadap kinerja campuran lapis perkerasan dalam menerima beban lalu lintas. Kadar aspal yang rendah dalam suatu campuran akan mengakibatkan lapis perkerasan mengalami retakretak. Demikian juga kadar aspal yang berlebihan membuat lapis perkerasan mengalami bleeding. Oleh sebab itu, kadar aspal yang diperlukan dalam suatu campuran lapis perkerasan adalah kadar aspal optimum, yaitu suatu kadar aspal yang memberikan stabilitas tertinggi pada lapis perkerasan, dimana persyaratan yang lainnya juga dipenuhi, seperti nilai VIM, *flow* dan sebagainya, hingga pada akhirnya memberi umur pelayanan jalan yang lebih lama. Kadar aspal

yang terpakai dalam campuran yang kemudian dihampar di lapangan adalah kadar aspal optimum. Kadar aspal optimum menjadi persyaratan mutlak dalam setiap campuran lapis perkerasan beraspal. Besaran kadar aspal optimum berbeda-beda, tergantung dari propertis aspal, agregat, gradasi agregat dan jenis campuran itu sendiri. Lapis perkerasan yang di atas selalu lebih besar kadar aspalnya

Untuk kadar aspal optimum, data *marshall* yang telah memenuhi spesifikasi kemudian di rata-ratakan dan hasilnya merupakan nilai dari kadar aspal optimum.

2.5.12 Marshall Rendaman Optimum, PRD, dan Stabilitas Sisa

Marshall rendaman dilakukan setelah diketahui kadar aspal optimumnya, kemudian membuat 9 briket direndam dalam *water bath* selama 30 menit 3 sampel dan 24 jam 6 sampel untuk PRD dan Stabilitas sisa. Pengujian ini dimaksudkan mengetahui keawetan dan kerusakan yang dipengaruhi variasi suhu tumbukan.

Pemeriksaan sifat kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur perlu dilakukan sehingga diperoleh informasi tentang rentang temperatur yang baik untuk pelaksanaan pekerjaan. Temperatur campuran beraspal panas merupakan satu-satunya faktor yang paling penting dalam pemadatan, karena mempengaruhi viskositas aspal yang digunakan. Menaikkan temperatur pemadatan mengakibatkan partikel agregat dalam campuran beraspal panas dapat dipadatkan lebih baik lagi. Kerapatan (density) pada saat pemadatan terjadi pada suhu lebih tinggi dari 275°F (135°C). Kerapatan menurun dengan cepat ketika pemadatan dilakukan pada suhu lebih rendah (Suparyanto, 2008).

2.6 Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston (AC-WC)

Berdasarkan Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan ketentuan sifat-sifat campuran untuk Laston (AC-WC) adalah sebagai berikut.

Tabel 0.1 Tabel sifat-sifat campuran untuk Laston

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Fondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075mm dengan kadar aspal efektif	Min.	0,6		
	Maks.	1,2		
Rongga dalam campuran (%)	Min.	3,0		
	Maks.	5,0		
Rongga dalam Agregat (VMA)	Min.	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	Min.	65	65	65
Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	Min.	800		1800
Pelelehan (mm)	Min.	2		3
	Maks.	4		6
Stabilitas <i>Marshall</i> sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C	Min.	90		
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal)	Min.	2		

Sumber: Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan