

## BAB II

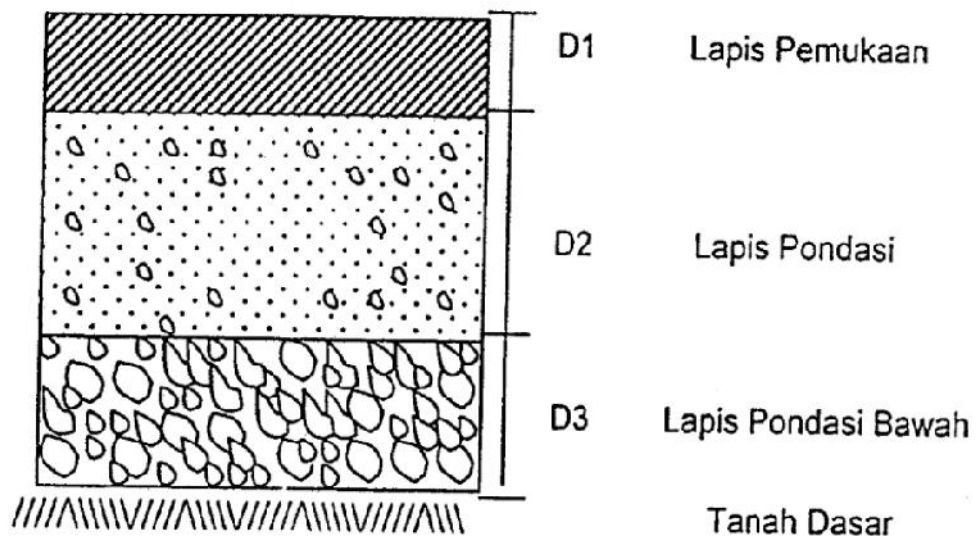
# LANDASAN TEORI

### 2.1 Perkerasan jalan

Perkerasan jalan adalah campuran antara agregat dan bahan ikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Agregat yang biasa dipakai dalam perkerasan jalan adalah batu pecah, batu belah, batu kali dan hasil samping peleburan baja. Sedangkan bahan ikat yang dipakai antara lain semen, aspal, dan tanah liat. Bagian-bagian perkerasan jalan adalah lapis-lapis material yang dipilih dan dikerjakan menurut spesifikasi tertentu dan berfungsi untuk menyebarkan beban roda kendaraan sedemikian rupa, sehingga dapat ditahan oleh tanah dasar, dalam batas daya dukungnya.

Umumnya perkerasan jalan terdiri dari:

1. Lapis Permukaan (*Surface*)
2. Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)
3. Lapis Pondasi Bawah (*Sub Base Course*)
4. Tanah dasar (*Sub Grade*)



**Gambar 2.1.** Susunan Lapisan Perkerasan Jalan Raya

**Sumber :** Departamen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2002

#### 2.1.1 Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Tujuan dan fungsi dari lapis permukaan (*Surface Course*) adalah sebagai berikut :

- a) Lapis permukaan adalah lapis perkerasan yang terletak di atas lapis pondasi atas, yang bersifat kedap air.
- b) Tujuan lapis permukaan sebagai lapis perkerasan jalan adalah sebagai lapis pelindung bagi lapis perkerasan yang ada di bawahnya.
- c) Fungsi dari lapis permukaan adalah :
  1. Menerima beban-beban roda yang bekerja di atasnya serta menyebarkan kepada lapisan perkerasan yang ada di bawahnya dan sebagai pendukung beban roda.
  2. Sebagai lapisan rapat atau kedap air untuk melindungi badan jalan dari kerusakan akibat cuaca.
  3. Sebagai lapis aus

d) Jenis Lapis Permukaan :

Ada 2 (dua) jenis lapis permukaan yaitu nonstruktural dan struktural adalah sebagai berikut :

1. Non struktural

Lapis permukaan non struktur adalah sebagai berikut :

- a. Burtu (laburan aspal satu lapis), merupakan lapis penutup yang terdiri dari lapisan aspal yang ditaburi dengan satu lapis agregat bergradasi seragam dengan tebal maksimum 2 cm.
- b. Burda (laburan aspal dua lapis), merupakan lapis penutup yang terdiri dari lapisan aspal ditaburi agregat yang dikerjakan dua kali secara berurutan dengan tebal padat maksimum 3,5 cm.
- c. Latasir (Lapis tipis aspal pasir), merupakan lapis penutup yang terdiri dari lapisan aspal dan pasir alam bergradasi menerus dicampur, dihampar dan tertentu yang dicampur secara dingin dengan tebal padat maksimum 1 cm.
- d. Lataston (lapis tipis aspal beton), dikenal dengan nama *Hot Rolled Seet* (HRS), yang merupakan lapis penutup terdiri dari lapis penutup yang terdiri dari campuran antara agregat bergradasi timpang, mineral pengisi (*filler*) dan aspal keras dengan perbandingan tertentu yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas dengan tebal padat antara 2,5 – 3,0cm.
- e. Latasbum (Lapis tipis asbuton murni), merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran asbuton dengan bahan pelunak dengan perbandingan tertentu yang dicampur secara dingin dengan tebal padat maksimum 1 cm.
- f. Buras (Laburan aspal), merupakan lapis penutup yang terdiri dari laburan aspal taburan pasir dengan ukuran butir maksimum 3/8 Inch.

2. Struktural

Lapis permukaan yang struktural adalah sebagai berikut :

- a. Laston (lapis aspal beton), merupakan lapisan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang mempunyai gradasi menerus , dicampur , dihampar dan dipadatkan pada suhu tertentu.
- b. Lasbutag (lapis asbuton agregat), merupakan satu lapisan padat yang terdiri dari campuran antara asbuton, agregat dan dipadatkan secara dingin, tiap lapisan padatnya mempunyai ketebalan antara 3-5 cm.
- c. Lapen (lapisan penetrasi Macadam), merupakan lapis perkerasan yang terdiri dari agregat pokok dan agregat pengunci bergradasi terbuka dan seragam yang diikat oleh aspal dengan cara disemprotkan di atasnya dan dipadatkan lapis demi lapis. Di atas lapen ini biasanya diberi laburan aspal dengan agregat penutup, tebal lapisan satu lapis berkisar antara 4,0-10cm

### **2.1.2 Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)**

Defenisi, tujuan, fungsi dan jenis dari lapis pondasi (*base course*) adalah sebagai berikut :

- a. Lapis pondasi atas adalah lapis perkerasan jalan yang terletak di atas lapis pondasi bawah ( *sub base grade* ) dan dibawah lapisan penutup ( *surface course* ).
- b. Tujuan penggunaan lapis pondasi atas adalah untuk mendukung lapis perkerasan penutup dan beban-beban roda yang bekerja di atasnya serta menyebarkan beban-beban yang diterimanya kepada lapis pondasi bawah.
- c. Fungsi lapis pondasi atas adalah sebagai bagian perkerasan yang meneruskan dan menyebarkan beban horisontal dan vertikal dari lapis permukaan ke bagian konstruksi dibawahnya.
- d. Jenisnya :
  1. Pondasi atas yang menggunakan material pondasi *Telford*.
  2. Pondasi atas yang menggunakan material Agregat (kelas A,B,C).
  3. Pondasi atas yang menggunakan material stabilisasi semen dengan agregat, agregat dengan kapur dan agregat dengan aspal.
  4. Pondasi atas yang menggunakan konstruksi aspal *Hot Mix Hot Rolled Sheet Base ( HRS-Base )*.
  5. Pondasi *macadam* sebagai penguat dan dilapisi dengan penetrasi *macadam*.
  6. Aspal beton pondasi/*Asphalt Treated Base (ATB)*

### **2.1.3 Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*)**

Defenisi, tujuan, fungsi dan jenis dari lapis pondasi (*Base Course*) adalah sebagai berikut:

- a. Lapis pondasi bawah adalah suatu lapisan perkerasan jalan yang pada umumnya terletak di antara lapis pondasi atas dan tanah dasar.
- b. Tujuan dari lapis pondasi bawah adalah mendukung lapis perkerasan jalan di atasnya.
- c. Fungsi lapis pondasi bawah antara lain :
  1. Berfungsi sebagai bagian perkerasan yang meneruskan dan menyebarkan beban roda kendaraan dari lapisan di atasnya ke tanah dasar.
  2. Sebagai lapis pencegah masuknya tanah dasar ke lapis pondasi.
  3. Sebagai lapis peresapan.
  4. Sebagai lapis pertama agar pelaksanaan pekerjaan selanjutnya dapat berjalan lancar (terutama lalu-lintas alat berat dalam proses pelaksanaan)

### **2.1.4 Lapis Tanah Dasar (*Subgrade*)**

Kekuatan dan keawetan konstruksi jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar. Fungsi tanah dasar antara lain adalah sebagai perletakan lapis perkerasan jalan. Jenis-jenis tanah dasar adalah sebagai berikut:

- a. Tanah timbunan yang dipadatkan/*distabilisasi*.
- b. Tanah galian yang dipadatkan
- c. Tanah asli yang dipadatkan /*distabilisas*

## **2.2 Laston (AC-BC)**

*Asphalt Concrete-Binder Course* (AC-BC) merupakan lapis permukaan aspal beton yang terletak dibawah lapis aus dan di atas lapis pondasi sehingga biasa disebut lapis antara. Menurut Bina Marga 2007, aspal beton merupakan campuran yang homogen antara agregat (agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi/*filler*) dan aspal sebagai bahan pengikat yang mempunyai gradasi tertentu, dicampur, dihamparkan, dan dipadatkan pada suhu tertentu untuk menerima beban lalu lintas yang tinggi. Aspal Beton (*Asphalt Concrete*) di Indonesia dikenal dengan laston (lapisan aspal beton) yaitu lapis permukaan struktural atau lapis pondasi atas. Campuran Beraspal Panas, Laston (AC) yang umum dikenal terdiri dari tiga jenis yaitu laston lapis pondasi (*Asphalt Concrete-Base atau AC-Base*), laston lapis permukaan antara (*asphalt concrete-binder course atau AC-Binder*), dan laston lapis

aus (*Asphalt Concrete-Wearing Course* atau *AC-WC*) dengan ukuran butir maksimum ketiganya secara berturut-turut adalah 1½ inch (37,5 mm), 1,0 inch (25,4 mm), dan ¾ inch (19,0 mm).

Campuran laston lebih peka terhadap variasi kadar aspal dan variasi gradasi agregat dibanding dengan campuran untuk Laston (HRS). Laston dapat digunakan untuk lapis permukaan, lapis antara, dan lapisan pondasi pada jalan dengan lalu-lintas ringan sampai lalu-lintas berat. Perbedaan utama dari ketiga jenis campuran laston adalah pada ukuran butir maksimum yang digunakan. Pemilihan ukuran butir maksimum disesuaikan dengan rencana tebal penghamparan padat minimum setebal 2 kali ukuran butir maksimum untuk menjamin tekstur permukaan dan ikatan antar butir yang baik. Ketebalan nominal minimum masing-masing 4 cm, 6 cm, dan 7,5 cm. Untuk lapis permukaan diperlukan tekstur yang lebih rapat sehingga lebih kedap terhadap air dan memberi kekesatan yang cukup.

Menurut Spesifikasi Bina Marga (1987), Lapis Aspal Beton (Laston) merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras, dicampur, dihampar, dipadatkan dalam keadaan panas. Adapun maksud dan tujuan pembuatan laston adalah :

- a. Untuk mendapatkan suatu lapisan permukaan atau lapis antara yang terdapat pada perkerasan jalan raya yang mampu memberikan sumbangan daya dukung yang terukur serta berfungsi sebagai lapisan kedap air yang dapat melindungi konstruksi dibawahnya.
- b. Sebagai lapisan permukaan, laston harus dapat memberikan kenyamanan dan keamanan tingkat tinggi.
- c. Laston dibuat melalui proses penyiapan bahan, pencampuran, pengangkutan, penghamparan serta pemadatan yang benar - benar terkendali sehingga dapat diperoleh lapisan yang memenuhi syarat.

Adapun beberapa fungsi laston yaitu :

1. Sebagai pendukung beban lalu lintas.
2. Sebagai pelindung konstruksi jalan dari kerusakan akibat pengaruh air dan cuaca.
3. Sebagai lapis aus.
4. Menyediakan permukaan jalan yang rata.

Adapun beberapa sifat laston yaitu :

1. Tahan terhadap keausan akibat beban lalu lintas.

2. Kedap air.
3. Mempunyai nilai struktural yang tinggi.
4. Mempunyai stabilitas yang tinggi.
5. Peka terhadap penyimpangan perencanaan pelaksanaan.

Laston terdiri dari campuran aspal keras agregat yang bergradasi menerus yang kemudian dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Yang dimaksud dengan agregat bergradasi menerus yaitu suatu komposisi yang menunjukkan pembagian butiran yang merata mulai dari ukuran yang terbesar sampai yang terkecil. Bahan untuk campuran laston terdiri dari Agregat kasar (*course aggregate*), Agregat halus (*fine aggregate*), Bahan pengisi (*filler*), dan Aspal, sebagai bahan pengikat. Untuk mendapatkan beton aspal yang memenuhi mutu yang diharapkan, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan antar lain pengetahuan tentang sifat, pengadaan dan pengolahan agregat. Kekuatan dari perkerasan beton aspal diperoleh melalui struktur agregat yang saling mengunci (*interlocking*), sehingga menghasilkan geseran internal yang tinggi dan saling melekat bersama oleh lapis tipis aspal diantara butiran agregat.

### 2.3 Agregat

Agregat adalah bahan berbutir yang mempunyai komposisi mineral seperti pasir, kerikil, batu kapur dan batu pecah. Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75-85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain.

Berdasarkan bentuk atau tekstur agregat dibedakan menjadi 5 bagian yaitu :

1. Bulat (*Rounded*)

Agregat yang dijumpai di sungai pada umumnya telah mengalami pengikisan oleh air sehingga pada umumnya berbentuk bulat. Partikel agregat saling bersentuhan dengan luas bidang kontak kecil sehingga menghasilkan daya *interlocking* yang lebih kecil dan mudah tergelincir.

2. Lonjong (*elongated*)

Partikel agregat berbentuk lonjong dapat ditemukan pada sungai-sungai atau bekas endapan sungai, agregat dikatakan lonjong jika ukuran terpanjangnya lebih panjang dari 1,8 kali diameter rata-rata. Sifat *interlocking*-nya hampir sama dengan agregat yang berbentuk bulat.

3. Kubus (*Cubikal*)

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

4. Pipih (*Flaky*)

Partikel yang berbentuk pipih dapat merupakan hasil dari mesin pemecah batu atau memang merupakan sifat dari agregat tersebut yang jika dipecahkan cenderung berbentuk pipih. Agregat pipih adalah 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

5. Tak Beraturan (*irreguler*)

Partikel agregat tak beraturan tidak mengikuti salah satu yang disebut diatas.

Berdasarkan kelasnya, agregat dibedakan menjadi 3 yaitu :

1. Agregat Kelas A

Agregat kelas A adalah agregat yang memiliki mutu paling baik dalam komposisi pembentuk jalan raya. Tipe agregat ini biasanya dipakai untuk lapis pondasi atas (*base course*). Fungsi dari lapisan ini adalah sebagai bantalan untuk lapisan pondasi bawah, sebagai perkerasan yang menahan gaya lintang roda kendaraan dan menyalurkan pada lapisan pondasi bawah, dan sebagai lapisan peresapan untuk lapis pondasi bawah.

Agregat kelas A harus terdiri dari partikel yang keras, keawetan memiliki butiran pecah 95% agregat kasar yang mempunyai bidang pecah satu atau lebih, dan 90% agregat kasar yang mempunyai muka bidang pecah atau lebih. Material pembentuk agregat kelas A adalah agregat kasar (batu pecah 1 ½") dan agregat halus (pasir). Batu 1 ½" menunjukkan bahwa ukuran terbesar material (*maximum size*) adalah 1 ½". Agregat kasar yang digunakan tertahan pada ayakan No.4 sedangkan agregat halus yang digunakan adalah yang lolos saringan No.4

Agregat yang digunakan harus bersih dan bebas dari kandungan kadar lempung. Suatu material dikatakan masuk dalam spesifikasi agregat kelas A apabila memenuhi spesifikasi yang ada. Spesifikasi yang umum digunakan di Indonesia sekarang adalah Spesifikasi Bina Marga Tahun 2010 Revisi 2.

Dalam spesifikasi itu dinyatakan bahwa suatu material dapat dikategorikan sebagai agregat kelas A apabila :

- a) Tahan terhadap abrasi. Nilai abrasi yang disyaratkan untuk agregat kelas A yakni tidak boleh lebih dari 40%.
- b) Nilai CBR minimal 90% harus terdiri dari partikel yang keras dan awet.
- c) Memiliki nilai angularitas 95/90. Artinya bahwa agregat kasar harus memiliki butiran pecah 95% bidang pecah satu atau lebih, dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih.
- d) Agregat kasar dalam agregat kelas A adalah yang tertahan pada ayakan No.4 sedangkan agregat yang halus yang digunakan adalah yang lolos saringan No.4.
- e) Ukuran material pembentuk agregat kelas A adalah batu pecah 1 ½” dan agregat halus (tertahan saringan No.200). Batu pecah 1 ½ “menunjukkan bahwa ukuran terbesar material (*maximum size*) adalah 1 ½ ”, sedangkan agregat kecil adalah yang tertahan saringan No.200.
- f) Harus bersih, keras/awet (tidak lapuk), dan bebas dari kadar lempung.
- g) Permukaan partikel kasar sehingga mempunyai gesekan yang baik.

## 2. Agregat Kelas B

Agregat kelas B adalah agregat yang biasanya digunakan pada lapisan pondasi bawah (*Subbase Course*). Suatu material dikatakan masuk dalam klorifikasi agregat B apabila saat dilakukan pengujian memenuhi spesifikasi. Spesifikasi yang umum digunakan di Indonesia sekarang adalah Spesifikasi Bina Marga Tahun 2010 Revisi 3. Dalam spesifikasi itu dinyatakan bahwa suatu material dapat dikategorikan sebagai agregat B apabila nilai CBR minimal 60%, harus terdiri dari partikel yang keras, awet/kuat.

Agregat kasar dalam agregat Kelas B adalah yang tertahan pada ayakan No.4, sedangkan agregat halus yang digunakn adalah agregat yang lolos saringan No.4. ukuran material pembentuk agregat Kelas B adalah batu pecah 2” dan agregat halus (pasir). Batu pecah 2” menunjukkan bahwa ukuran terbesar material (*maximum size*) adalah 2”.

## 3. Agregat Kelas S

Lapis pondasi agregat Kelas S merupakan bagian dari konstruksi jalan yang digunakan untuk bahu jalan tanpa penutup aspal dan pelebaran perkerasan jalan raya. Bahu jalan dan perkerasan jalan adalah bagian jalan yang berdampingan ditepi jalur lalu lintas, dapat diperkeras dan dapat juga tidak diperkeras. Fungsinya adalah



untuk lajur lalu lintas darurat, ruang bebas samping, dan penyangga perkerasan terhadap beban lalu lintas. Material bahu jalan dan pelebaran jalan juga mempunyai sifat-sifat dasar kekuatan agregat dimana nilai abrasinya harus memenuhi persyaratan Spesifikasi Bina Marga yaitu 0-4%. Bahan-bahan yang digunakan untuk lapis pondasi agregat kelas S yaitu bahan-bahan alam berupa batu pecah dan sirtu kali.

### **2.3.1 Agregat Kasar**

Agregat kasar adalah agregat yang tertahan pada ayakan 4,75 mm(saringan No.4) dan harus terdiri dari partikel yang keras dan awet. Bahan yang pecah bila berulang-ulang dibasahi dan dikeringkan tidak boleh digunakan. Nilai keausan agregat kasar, sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga Tahun 2010 Revisi 3, tidak lebih dari 40%.

Pada umumnya agregat kasar yang biasa digunakan adalah batu pecah. Dalam pelaksanaan pengambilan material berupa sirtu kali dan batu pecah sering terjadi batu bulat ikut tercampur dalam material. Oleh sebab itu dalam penelitian ini batu bulat ikut disertakan dalam klasifikasi Agregat Kasar Kelas A.

Agregat Kasar dalam penelitian ini meliputi :

#### **1. Batu Pecah**

Batu pecah adalah batu yang memiliki satu atau lebih bidang pecah. Batu pecah diperoleh dengan cara pemecahan secara manual (tenaga manusia) ataupun dengan menggunakan Alat Pemecah Batu (*Stone Crusher*). Pemecah batu ini bertujuan untuk meningkatkan mutu agregat yang menyangkut ukuran butiran, gradasi butiran, maupun bentuk atau susunan permukaan dari bulat ke bersudut. Bentuk butiran tersebut yang dianjurkan untuk dipakai dalam pelaksanaan konstruksi perkerasan dengan alasan memberi ikatan (*interlocking*) satu sama lain, juga permukaan yang kasar memberikan gesekan yang besar antar agregat, sehingga kestabilan konstruksi dapat dicapai.

Spesifikasi batu pecah yang harus digunakan dalam komposisi agregat Kelas A :

- a. Tahan terhadap abrasi.
- b. Harus bersih, keras dan awet (tidak lapuk).
- c. Permukaan partikel kasar sehingga mempunyai gesekan yang baik.
- d. Bentuk partikelnya bersudut atau memiliki paling sedikit satu bidang pecah
- e. Gradasi sesuai dengan yang diinginkan

#### **2. Batu Bulat (*Rounded*)**

Batu bulat adalah batu yang tidak memiliki bidang pecah. Agregat yang dijumpai pada umumnya berbentuk bulat saling bersentuhan dengan luas bidang kontak kecil sehingga menghasilkan daya *interlocking* yang lebih kecil dan lebih mudah tergelincir apabila ada beban yang bekerja di atasnya. Dalam pencampuran agregat konstruksi jalan, kualitas batu bulat tidak terlalu baik karena memiliki daya ikat yang kurang baik.

### **2.3.2 Agregat Halus**

Agregat halus biasanya terdiri atas pasir atau batu pecah halus. Menurut Spesifikasi Bina Marga Tahun 2010 Revisi 3, agregat halus yang digunakan adalah yang lolos saringan No.4. Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir

Secara umum spesifikasi agregat halus adalah sebagai berikut :

- a. Agregat halus lolos saringan No.4 (4,75 mm) dan tertahan saringan no.30 (0,60 mm) harus terdiri dari pasir alam atau abu batu
- b. Agregat halus lolos saringan No.200 (0,075 mm) harus tidak lebih dari 2/3 fraksi lolos saringan No.40 (0,425 mm), tidak boleh memiliki Bats Caie (*LL*) lebih dari 25 dan Batas Plastis (*PL*) tidak boleh lebih dari 6.

### **2.3.3 Bahan Pengisi (*Filler*)**

Filler adalah material yang lolos saringan no.200 ( 0,075 mm ) dan termasuk kapur padam, abu terbang, Portland semen dan abu batu. Filler dapat berfungsi untuk mengurangi kepekaan terhadap temperatur serta mengurangi jumlah rongga udara dalam campuran, namun demikian jumlah filler harus dibatasi pada suatu batas yang menguntungkan. Terlampaui tinggi kadar filler maka cenderung menyebabkan campuran menjadi getas dan akibatnya akan mudah retak akibat beban lalu lintas. Pada sisi lain kadar filler yang terlampaui rendah menyebabkan campuran menjadi lembek pada temperatur yang relatif tinggi. Jumlah filler ideal antara 0.6 sampai 2.0, yaitu perbandingan persentase filler dengan persentase kadar aspal dalam campuran atau lebih dikenal dengan istilah *Dust Proportion*.

## **2.4 Kapur**

Kapur merupakan salah satu mineral industri yang banyak digunakan oleh sektor industri ataupun konstruksi dan pertanian antara lain untuk bahan bangunan, bahan penstabil jalan raya, pengapuran untuk pertanian, dan lain-lain. Bahan kapur adalah sebuah benda putih dan halus yang terbuat dari batu sedimen, membentuk bebatuan yang terdiri dari mineral kalsium. Beberapa jenis kapur antara lain :

a. Kapur Tohor

Kapur tohor adalah hasil pembakaran batu alam yang komposisinya sebagian besar merupakan Kalsium Karbonat ( $CaCO_3$ ) pada temperatur diatas  $900^\circ C$  sehingga terjadi proses calsinasi dengan pelepasan gas  $CO_2$  hingga tersisa padatan  $CaO$  atau bisa disebut *quick lime*



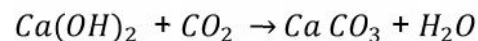
b. Kapur Padam

Kapur padam adalah hasil pemadaman kapur tohor dengan air dan membentuk hidrat



c. Kapur Udara

Kapur udara adalah kapur padam yang apabila diaduk dengan air bereaksi setelah beberapa waktu dan hanya dapat mengeras di udara karena pengikatan Karbondioksida ( $CO_2$ )



d. Kapur Hidrolis

Kapur hidrolis adalah kapur yang diaduk dengan air setelah beberapa waktu campuran dapat mengeras baik didalam air maupun di udara.

kapur padam biasanya digunakan sebagai urugan atau penstabil jalan raya lapis tanah dasar karena sifatnya hidrolis, tidak menunjukkan pelapukan. Dengan Pengolahan Kapur Padam sebagai Filler Pada material RAP yang akan dimanfaatkan kembali menjadi perkerasan jalan baru untuk campuran aspal AC-BC (*Asphal Concrete-Binder Course*) sangat memungkinkan untuk meningkatkan keawetan kinerja campuran beton aspal dalam menerima beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, karena AC-BC merupakan campuran aspal panas yang dalam proses pencampurannya dilakukan pemanasan dengan temperature tertentu dan kapur padam juga merupakan batuan sedimen yang terdiri dari calsium carbonat ( $CaCO_3$ ) yang diolah pada suhu tinggi, kapur padam bersifat dapat menetralkan tanah yang merekat terhadap RAP sehingga kapur dapat merekatkan aspal baru dengan RAP (Ipkadar,2014), sehingga dengan menggunakan spesifikasi kapur padam dapat digunakan sebagai filler dalam campuran aspal AC-BC.

## 2.5 Campuran Aspal Panas (*Hot Mix*)

Beton aspal campuran panas (*Hot Mix*) adalah beton aspal material pembentuknya dicampur pada suhu pencampuran sekitar 150° C.

Jenis-jenis aspal beton campuran panas adalah sebagai berikut :

### 1. Latasir (*Sand Sheet*) kelas A dan B

Campuran ini ditujukan untuk jalan dengan lalu lintas ringan, khususnya pada daerah dimana agregat kasar sulit diperoleh. Pemilihan kelas A dan B terutama pada gradasi pasir yang digunakan. Campuran latasir biasanya memerlukan penambahan filler agar memenuhi sifat-sifat yang disyaratkan. Campuran ini mempunyai ketahanan yang rendah terhadap alur, oleh karena itu tidak boleh digunakan dengan lapisan yang tebal, pada jalan dengan lalu lintas berat dan pada daerah tanjakan.

### 2. Laston (*Asphalt Concrete*)

Laston (Aspal Beton) lebih peka terhadap variasi kadar aspal maupun variasi gradasi agregat dari pada lastaston (*Hot Rolled Sheet*). Aspal beton (*Asphalt Concrete*) terdiri dari tiga macam campuran, laston lapis aus permukaan (*Laston – Wearing Course*), laston lapis pengikat (*Laston-Binder Course*) dan laston lapis pondasi (*Laston-Base Course*) dan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm, 25 mm dan 37,5 mm.

### 3. Lastaston (*Hot Rolled Sheet*)

Lastaston (*Hot Rolled Sheet*) mempunyai persyaratan kekuatan yang sama dengan tipikal yang disyaratkan untuk aspal beton konvensional (*Asphalt Concrete*) yang tidak bergradasi menerus tetapi bergradasi senjang.

## 2.5.1 Persyaratan Campuran Beraspal Laston

Campuran beraspal panas merupakan salah satu jenis dari lapisan konstruksi perkerasan lentur jalan. Jenis perkerasan ini merupakan campuran merata antara agregat dan aspal sebagai bahan pengikat pada suhu tertentu. Untuk mengeringkan agregat dan mendapatkan tingkat kecairan yang cukup dari aspal sehingga diperoleh kemudahan untuk mencampurnya, maka kedua material ini harus dipanaskan terlebih dahulu.

## 2.5.2 Komposisi Campuran Beraspal Laston

Komposisi campuran beraspal terdiri dari agregat (batu pecah  $\frac{3}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ , abu batu, pasir) dan aspal yang berfungsi sebagai pengikat. *Filler* atau bahan material yang lolos

saringan no.200 ditambah agar bisa menjamin sifat-sifat campuran yang memenuhi ketentuan yang berlaku.

### 2.5.3 Formula Campuran Rencana (FCR)

Tahapan awal untuk membuat suatu formula Campuran Rencana adalah menggabungkan agregat (batu pecah, abu batu, pasir) dengan persentase tertentu untuk mendapatkan suatu agregat gabungan dengan gradasi yang memenuhi spesifikasi yang diberikan dalam Tabel 2.1. Setelah diperoleh gradasi agregat gabungan maka dapat ditentukan fraksi agregat untuk permukaan kadar aspal sebagai berikut :

- a. Fraksi agregat kasar (*CA*) : persen dan total berat campuran dan berat material tertahan pada saringan No. 8.
- b. Fraksi agregat halus (*FA*) : persen dan total berat campuran dan berat material lolos pada saringan No. 8 dan tertahan pada saringan No. 200
- c. Fraksi bahan pengisi (*FF*) : persen dan total berat campuran dan berat material tertahan pada saringan No. 200.

Perkiraan pertama kadar aspal rencana (*pb*) dapat diperoleh dari rumus :

$$Pb = 0,035 (\% CA) + 0,045 (\% FA) + 0,18 (\% FF) + \text{Konstanta}$$

Dimana :

- Pb* = kadar aspal perkiraan
- CA* = agregat kasar tertahan saringan No. 8
- FA* = agregat halus lolos saringan No.8 dan tertahan saringan No. 200
- Filler* = agregat lolos saringan No. 200

Kadar aspal rencana dinyatakan dalam persen. Konstanta untuk laston berkisar antara 0,5-1,0%. Contoh uji dibuat pada kadar aspal ini dengan pembulatan sampai 0,5 % terdekat, fraksi kadar aspal dibuat pada tiga kadar aspal diatas dan dua kadar aspal dibawah dengan perbedaan masing-masing 0,5 %. Contoh : jika hasil perhitungan diperoleh 5,4% maka dibulatkan menjadi 5,5% dan buat contoh uji pada kadar aspal 4,5%, 5,0%, 5,5%, 6,0%, 6,5% dan 7,0%. Dengan demikian akan diperoleh 6 variasi kadar aspal.

**Tabel 2.1** Ketentuan Sifat-sifat Campuran Laston

Sifat Campuran		Laston					
		WC		BC		Base	
		Halus	kasar	Halus	Kasar	Halus	Kasar
Kadar aspal efektif (%)	Min	5,1	4,3	4,3	4,0	4,0	3,5
Penyerapan aspal (%)	Max	1,2					

Jumlah Tumbukan per Bidang		75	112
Rongga dalam Campuran (%) <sup>(2)</sup>	Min	3,0	
	Max	5,0	
Rongga dalam Agregat (%)	Min	15	13
Rongga Terisi Aspal (%)	Min	65	60
Stabilitas Marshall (%)	Min	800	1800
Pelelehan (mm)	Min	3	4,5
Marshall Quotient (kg/mm)	Min	250	300
Stabilitas Marshall Sisa (%) Setelah Perendaman Selama 24 Jam, 60°C	Min	90	
Rongga dalam Campuran (%) pada Kepadatan Membal (Refusal) <sup>(4)</sup>	Min	2,0	

Sumber : Buku Spesifikasi, Bina Marga, Tahun 2010 Revisi II

## 2.6 RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*)

RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) adalah perkerasan jalan yang telah rusak akut atau lapis permukaan jalan yang sudah tidak terpakai, cara mendapatkannya adalah dengan cara mengeruk lapis perkerasan jalan yang lama dengan menggunakan alat penggaruk aspal yang dinamakan alat *clod milling*. Bahan RAP ini kemudian mulai dimanfaatkan karena dorongan untuk mengurangi biaya konstruksi, dan melindungi agregat dan bahan pengikat pada perkerasan yang lama serta karena dorongan isu lingkungan untuk mengurangi eksploitasi sumber daya alam, hemat energi dan mereduksi gas emisi CO<sub>2</sub>

### 2.6.1 Karakteristik Material RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*)

Pada penelitian ini, RAP yang digunakan adalah RAP yang diambil dari lapangan. Pengambilan sampel RAP lapangan terdapat beberapa masalah antara lain tidak diketahui data sumber bahan RAP lapangan mengandung kontaminasi seperti tumbuhan, akar, dan tanah yang akan mengurangi kekuatan RAP itu sendiri (Suwanto 2010).

Material RAP yang telah didapatkan harus diuji untuk mengetahui karakteristik dari material penyusunnya. Karena material RAP adalah campuran dari aspal dan agregat, maka harus diekstraksi terlebih dahulu untuk memisahkan antara agregat dan aspal yang mengikat agregat tersebut.

### 2.6.2 Teknik Pengambilan RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*)

Material bongkahan perkerasan jalan berasal dari ruas jalan Pulau Indah Kupang yang dibongkar lapis perkerasan aspalnya pada tahun 2019. Material bongkahan perkerasan jalan yang digunakan kembali sebagai RAP, dilepaskan dulu dari bongkahan aspal sehingga diperoleh bahan RAP yang siap pakai.

### **2.6.3 Pemeriksaan Sifat Fisik RAP**

Pemeriksaan fisik merupakan pemeriksaan awal yang dilakukan untuk mengetahui kualitas dari material yang digunakan berupa pemeriksaan abrasi dan pemeriksaan berat jenis.

Pengujian RAP yang dilakukan untuk mengetahui karakteristik RAP dengan berdasarkan sifat fisik RAP tersebut, beberapa tes yang dilakukan adalah :

- a) Uji Pemisahan Aspal dari Agregat
- b) Uji Fisik RAP meliputi Tes Abrasi dan Tes Gradasi
- c) Uji Kepadatan

Pemeriksaan Agregat penyusun RAP meliputi pemeriksaan :

- a) Berat Jenis
- b) Keausan dengan Mesin *Los Angeles*
- c) Pemeriksaan Gradasi Agregat (Analisa Saringan)

### **2.6.4 Pemanfaatan Material RAP pada Bidang Konstruksi Perkerasan Jalan**

Salah satu cara pemanfaatan RAP adalah dengan menjadikannya sebagai agregat atau material baru dengan menggunakan bahan tambahan (zat aditif) atau tanpa bahan tambahan pada perkerasan jalan baru dengan menggunakan metode mendaur ulang sehingga dapat mengurangi limbah RAP serta menghemat biaya. Untuk itu perlu dilakukan berbagai penelitian pada RAP agar nantinya material RAP dapat digunakan sesuai standar perkerasan jalan yang berlaku.

## **2.7 Pengujian Laboratorium**

Pada umumnya RAP merupakan limbah yang biasa digunakan sebagai urugan, namun pada penelitian ini akan dilakukan berbagai test pada material RAP sehingga dapat meningkatkan daya dukungnya serta dapat digunakan kembali sebagai lapis perkerasan jalan baru. Berbagai pengujian yang akan dilakukan pada penelitian ini berupa pengujian Abrasi(keausan) dengan menggunakan mesin *Los Angeles*, pengujian Berat Jenis, pengujian Analisa Saringan, percobaan pemadatan sekaligus untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum(KAO). Berikut adalah prosedur pengujian agregat laboratorium :

### **2.7.1 Pengujian Gradasi Agregat Kasar dan Halus**

Gradasi atau distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat merupakan hal yang sangat penting dalam menentukan stabilitas perkerasan. Gradasi yang baik berbentuk bergerigi atau tak beraturan, umumnya meliputi

tahanan geser yang tinggi. Campuran perkerasan dari agregat bulat mudah berdeformasi dan tidak cocok untuk perkerasan jalan dengan volume lalu lintas yang tinggi atau lalu lintas dengan beban yang berat. Pengujian Gradasi biasanya menggunakan satu set saringan untuk pengujian agregat, yaitu ¾", ½", ", No. 4, No. 8, No. 16, No. 30, No. 50, No. 100, dan No. 200. Agregat kasar adalah agregat yang tertahan saringan No.4 sedangkan agregat halus adalah agregat yang lolos saringan No.4. Pengujian analisa saringan bertujuan untuk mengetahui ukuran butiran berdasarkan saringan dan membandingkan dengan berat awal benda uji.

Tiga kategori gradasi butiran :

1. Gradasi Seragam (*uniform graded*) yaitu gradasi butiran yang ukuran butirannya seragam atau hampir sama.
2. Gradasi Baik (*well graded*) atau gradasi padat (*dense graded*) yaitu gradasi butiran yang variasi ukuran butirannya mempunyai ukuran besar maupun kecil sehingga menghasilkan campuran yang padat dan mempunyai stabilitas tinggi. Agregat dinamakan bergradasi baik jika persen yang lolos setiap lapis dari sebuah gradasi memenuhi :

$$P = 100 (d/D)^{0,45} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana : P = Persen lolos saringan dengan bukaan d mm.

d = Ukuran agregat yang sedang diperhitungkan.

D = Ukuran maksimum partikel dalam gradasi tersebut.

3. Gradasi Senjang (*gap graded*) atau gradasi terbuka (*open graded*) yaitu gradasi butiran yang variasi ukuran butirannya tidak mempunyai satu atau lebih ukuran butiran tertentu. Sifat-sifat agregat dapat dilihat pada Tabel 2.2 dibawah ini :

**Tabel 2.2** Sifat-Sifat Gradasi

<b>Gradasi Seragam</b>	<b>Gradasi Baik</b>	<b>Gradasi senjang</b>
Kontak antar butir baik	Kontak antar butir baik	Kontak antar butir baik
Kepadatan bervariasi	Seragam dan kepadatan tinggi	Seragam tapi kepadatannya jelek
Stabilitas dalam keadaan terbatas	Stabilitas tinggi	Stabilitas sedang
Stabilitas dalam keadaan lepas rendah	Kuat menahan deformasi	Stabilitas sangat rendah



Sukar dipadatkan	Sukar sampai sedang untuk memadatkan	Mudah dipadatkan
Tidak terpengaruhi kadar air	Tingkat permeabilitas cukup	Tingkat permeabilitas rendah
Mudah diresapi air	Pengaruh kadar air cukup	Kurang dipengaruhi oleh variasi

Sumber : Konstruksi Pekerjaan Lentur, (Sukirman 2003)

Terdapat 3 kelas yang berbeda dari Lapis Pondasi Agregat yaitu Kelas A, Kelas B, dan Kelas S. Pada umumnya lapis pondasi agregat kelas A adalah mutu lapis pondasi atas untuk lapisan di bawah lapisan beraspal dan lapisan pondasi agregat kelas B adalah untuk lapis pondasi bawah. Lapis pondasi agregat kelas S digunakan untuk bahu jalan tanpa penutup.

### 2.7.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat

Berat jenis agregat adalah perbandingan antara volume agregat dan berat volume air. Agregat dengan berat jenis kecil mempunyai volume yang besar sehingga dengan berat yang sama membutuhkan jumlah aspal yang lebih banyak. Di samping itu agregat dengan kadar pori besar membutuhkan jumlah aspal yang banyak.

#### 1. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air agregat Kasar :

##### a) *Bulk Specific Gravity* (Berat Jenis Curah)

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).

$$\text{BulkSG} = \frac{B_j}{B_j - B_a} \dots\dots\dots (2.2)$$

##### b) *Apparent Specific Gravity* (Berat Jenis Semu)

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

$$\text{ApparentSG} = \frac{B_k}{B_k - B_a} \dots\dots\dots (2.3)$$

##### c) Berat Jenis Kering – Permukaan Jenuh (*Saturated Surface Dry*)

Pada kenyataan aspal yang digunakan secara normal hanya akan meresapi sebagian dari pori yang dapat diresapi oleh air itu. Dengan

demikian sebaiknya menggunakan berat jenis efektif.

$$SSD = \frac{B_j}{B_j - B_a} \dots\dots\dots (2.4)$$

d) Penyerapan :

$$\text{Penyerapan} = \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\% \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :  $B_j$  = Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh

$B_a$  = Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh di Dalam Air

$B_k$  = Berat Benda Uji kering Oven

2. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air agregat Halus

a) *Bulk Specific Gravity* (Berat Jenis Curah)

$$\text{BulkSG} = \frac{B_k}{B_a + B_j - B_t} \dots\dots\dots (2.6)$$

b) *Apparent Specific Gravity* (Berat Jenis Semu)

$$\text{ApparentSG} = \frac{B_k}{B_a + B_k - B_t} \dots\dots\dots (2.7)$$

c) Berat Jenis Kering-Permukaan Jenuh (*Saturated Surface Dry*)

$$SSD = \frac{B_j}{B_a + B_j - B_t} \dots\dots\dots (2.8)$$

d) Penyerapan

$$\text{Penyerapan} = \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\% \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :  $B_k$  = Berat Benda Uji Kering Oven

$B_a$  = berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh di Dalam Air

$B_t$  = Berat Piknometer Berisi Benda Uji dan Air

$B_j$  = Berat Benda Uji Dalam Keadaan Kering Permukaan

Jenuh

Pengujian berat jenis kasar dan halus bertujuan untuk mendapatkan berat jenis efektif. Berat jenis efektif yang diperoleh digunakan untuk menentukan nilai *Zero Air Void (ZAV)*. *ZAV* adalah keadaan dimana rongga udara pada keadaan nol. Nilai *ZAV* kemudian diplot pada grafik percobaan pemadatan.

**2.7.3 Pengujian Keausan (Abrasi)**

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin Abrasi *Los Angeles* yang dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus lolos saringan No. 12 (1,7 mm) terhadap berat semula, dalam presentase. Nilai abrasi untuk agregat kelas A, B dan

S adalah 0-40%. Daya tahan agregat untuk tidak hancur / pecah oleh pengaruh kimia atau mekanis.

Pemeriksaan untuk menentukan keausan material

$$\text{Keausan} = \frac{a-b}{b} \times 100\% \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana : a = Berat Benda Uji Semula (gram)

b = Berat Benda Uji Tertahan Saringan No. 12 (gram)

Degradasi didefinisikan sebagai kehancuran agregat menjadi partikel-partikel yang lebih kecil akibat daya yang diberikan pada waktu penimbunan, pemadatan ataupun oleh beban lalu lintas.

Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat degradasi adalah :

4. Jenis Agregat

Jenis agregat yang lunak mengalami degradasi yang lebih besar dari agregat yang lebih keras.

5. Gradasi

Gradasi terbuka mempunyai tingkat degradasi yang lebih besar dibandingkan dengan gradasi rapat.

6. Bentuk

Bentuk partikel bulat mengalami degradasi yang lebih besar dari yang berbentuk kubus / besudut.

7. Ukuran Partikel

Partikel yang lebih kecil mempunyai tingkat degradasi yang lebih kecil dari pada partikel besar.

#### 2.7.4 Gradasi Agregat Gabungan

Gradasi gabungan yakni menggabungkan beberapa jenis agregat dengan gradasi yang memiliki sifat material yang berbeda menjadi suatu butiran lain dengan sifat lain dari aslinya. Digunakan cara perhitungan tabel analisa gabungan batu pecah dan pasir. Dalam penelitian ini pada RAP dipakai ½ batu pecah dan pasir sedangkan untuk agregat baru digunakan ¾ batu pecah dan kapur padam. Dari hasil pengujian dan perhitungan tersebut kemudian dibuat grafik hubungan antara material lama RAP dan material baru sehingga memperoleh proporsi yang paling ekonomis dan kuat untuk lapis antara. Analisa gradasi gabungan harus berada dalam rentang spesifikasi. Biasanya hasil analisa gradasi gabungan digambarkan dalam kurva. Untuk mendapatkan hasil yang pas dilakukan dengan cara coba-coba (*trial and error*).

### 2.7.5 Pengujian Kepadatan

Pemadatan bertujuan untuk dapat memperkecil rongga-rongga antara butiran bahan yang terlalu besar yang mungkin berisi air dan udara sehingga butiran-butiran tersebut tersusun rapat dan saling mengunci satu sama lainnya, dalam satu satuan volume yang lebih padat. Pemadatan juga dilakukan untuk dapat menentukan hubungan kadar air dan kepadatan campuran agregat. Pada dasarnya diukur berdasarkan berat volume kering dari material yang dipadatkan. Air dapat berfungsi sebagai unsur pembasah atau pelumas pada partikel-partikel material atau tanah. Karena adanya air, partikel-partikel akan lebih mudah bergerak dan bergeseran sehingga kedudukan antara partikel-partikel menjadi rapat atau padat. Setelah mencapai kadar air tertentu. Adanya penambahan kadar air justru cenderung akan menurunkan berat volume kering dari tanah. Hal ini disebabkan karena air tersebut menempati ruang-ruang pori dalam tanah yang seharusnya dapat ditempati oleh partikel-partikel padat dari tanah.

Pemadatan dilakukan agar material merapat atau mengikat dan mengunci satu sama lainnya dalam satu satuan volume yang lebih padat. Besarnya kepadatan merupakan berat butiran sirtu kali dan batu pecah persatuan volume yang dapat diukur atau dinyatakan dalam satuan berat kering (*Dry Density*). Metode pengujian kepadatan dilaboratorium yang telah ditetapkan oleh standar dari Bina Marga Revisi 2-Divisi 5 Metode D / *Modified* (SNI 03-1743-2008). Peralatan yang dipakai yaitu cetakan selinder berukuran 152 mm (6"). Material yang digunakan adalah material yang lolos saringan 37,50 mm (1½") dengan alat penumbuk yang beratnya 4,54 Kg (10 lbs) dan tinggi jatuh 45,75 cm (18"). Material yang dipakai berdasar komposisi campuran dari agregat gabungan yang dibagi menjadi 5 bagian, sehingga terdapat 5 lapis pemadatan dalam 1 selinder dan tiap lapisan terdiri dari 2 kali 75 tumbukan.

Faktor yang menentukan kepadatan :

1. Kadar air yang terkandung dalam agregat. Rumus kadar air dapat dijabarkan sebagai berikut :

$$\text{Kadar air} = \frac{\text{berat air}}{\text{berat material kering}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.11)$$

2. Jenis Material.
3. Cara dan besar usaha pemadatan

Pada dasarnya pemadatan diukur berdasarkan berat volume kering dari material (*Dry*) dan berat volume kering material (*Dry*) tersebut ditentukan oleh berat volume basah (*Wet*) dan kadar air. Berat volume basah (*Wet*) didapat dari perbandingan antara berat material dan volume

mol. Rumus berat isi basah dan berat isi kering dapat dijabarkan dengan rumus sebagai berikut :

$$Wet = \frac{B2-B1}{V} \dots\dots\dots(2.12)$$

$$Dry = \frac{\gamma_{Wet} \times 100}{100+W} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana :  $Wet$  = Berat Volume Basah ( $gr/cm^3$ )

$Dry$  = Berat Volume Kering ( $gr/cm^3$ )

$B1$  = Berat Cetakan dan Keping Alas (garm)

$B2$  = Berat Cetakan, Keping Alas dan Benda Uji (garm)

$V$  = Volume Mol

$W$  = Kadar Air (%)

## 2.8 Metode Marshall

Perencanaan campuran dengan metode Marshall dimulai dari kadar aspal efektif yang tetap sesuai dengan yang telah ditetapkan dalam spesifikasi. Alat Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin pengujian) berkapasitas 22,2 KN (5000 lbf) dan *flow meter*. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas sedangkan *flow meter* berfungsi mengukur kelelahan plastis atau *flow*. Benda uji Marshall berbentuk silinder berdiameter 4 inci (10,2 cm) tinggi 2,5 inci (6,35 cm). Pengujian Marshall dimaksudkan untuk menguji kinerja beton aspal padat. Adapun parameter yang harus dimiliki oleh beton aspal campuran panas, antara lain :

a) Kerapatan/Kepadatan (*Density*)

*Density* merupakan tingkat kerapatan campuran setelah campuran dipadatkan. Semakin tinggi nilai *density* suatu campuran menunjukkan bahwa kerapatannya semakin baik. Nilai *density* dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti gradasi campuran, jenis dan kualitas bahan penyusun, faktor pemadatan baik jumlah pemadatan maupun temperatur pemadatan, penggunaan kadar aspal dan penambahan bahan *additive* dalam campuran. Campuran dengan nilai *density* yang tinggi akan mampu menahan beban yang lebih besar dibanding dengan campuran yang memiliki nilai *density* yang rendah, karena butiran agregat mempunyai bidang kontak yang luas sehingga gaya gesek (*friction*) antar butiran agregat menjadi besar. Selain itu nilai *density* juga mempengaruhi kedapannya campuran, semakin kedap terhadap air dan udara.

b) Stabilitas

Stabilitas merupakan kemampuan maksimum beton aspal padat untuk menerima

beban sampai terjadi kelelahan plastis. Nilai stabilitas dipengaruhi oleh bentuk, kualitas, tekstur permukaan, dan gradasi agregat yaitu gesekan antar butiran agregat (*internal friction*) dan penguncian antar agregat (*interlocking*), daya lekat (*cohesion*), dan kadar aspal dalam campuran. Penggunaan aspal dalam campuran akan menentukan nilai stabilitas campuran tersebut. Nilai stabilitas berpengaruh pada fleksibilitas lapis perkerasan yang dihasilkan. Nilai stabilitas yang disyaratkan adalah lebih dari 800 Kg. Lapis perkerasan dengan nilai stabilitas kurang dari 800 Kg akan mudah mengalami *rutting*, karena perkerasan bersifat lembek sehingga kurang mampu mendukung beban. Sebaliknya jika nilai stabilitas terlalu tinggi maka perkerasan akan mudah retak karena sifat perkerasan menjadi kaku.

c) Kelelahan Plastis (*flow*)

Kelelahan plastis atau *flow*, yaitu perubahan bentuk plastis dari beton aspal padat akibat adanya beban sampai batas keruntuhan. Nilai *flow* dipengaruhi oleh kadar dan viskositas aspal, gradasi agregat jumlah dan temperatur pemadatan. Campuran yang memiliki angka kelelahan rendah dengan stabilitas tinggi cenderung menjadi kaku dan getas. Sedangkan campuran yang memiliki angka kelelahan tinggi dan stabilitas rendah cenderung plastis dan mudah berubah bentuk apabila mendapat beban lalu lintas. Kerapatan campuran yang baik, kadar aspal yang cukup dan stabilitas yang baik akan memberikan pengaruh penurunan nilai *flow*.

d) Volume Pori Beton Aspal Padat (*Void In Mix/VIM*)

Merupakan volume pori yang masih tersisa setelah campuran beton aspal dipadatkan. VIM dibutuhkan sebagai tempat bergesernya butir-butir agregat akibat pemadatan tambahan yang terjadi oleh repetisi beban lalu lintas atau tempat jika aspal menjadi lunak akibat meningkatnya temperatur. VIM yang terlalu besar akan mengakibatkan beton aspal padat berkurang kekedapan airnya sehingga berakibat meningkatnya proses oksidasi aspal yang dapat mempercepat penuaan aspal menurunkan sifat durabilitas beton aspal sedangkan VIM yang terlalu kecil akan mengakibatkan perkerasan mengalami *bleeding* jika temperatur meningkat.

e) Volume Pori diantara Butir Agregat Campuran (*Void in the Mineral Aggregate/VMA*)

VMA merupakan volume pori di dalam beton aspal jika seluruh selimut aspal ditiadakan. Tidak termasuk didalam VMA volume pori didalam butir-butir agregat. Nilai VMA akan meningkat jika selimut aspal lebih tebal.

f) Volume Pori Beton Aspal Padat yang Terisi oleh Aspal (*Volume of Voids Filled with Asphalt/VFA*). VFA merupakan volume pori beton aspal padat yang terisi

oleh aspal atau volume film/selimut aspal.

g) *Marshall Quotient* (MQ)

Marshall Quotient merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan *flow*. Nilai MQ akan memberikan nilai fleksibilitas campuran. Semakin besar nilai MQ berarti campuran semakin kaku, sebaliknya bila semakin kecil nilainya maka campuran semakin lentur. Nilai MQ dipengaruhi oleh stabilitas dan *flow*. Nilai MQ diisyaratkan minimal 250 kg/mm. Nilai MQ dibawah 250 kg/mm mengakibatkan perkerasan mudah mengalami *wasboarding*, *ruting*, dan *bleeding*.

## 2.9 Kadar Aspal Optimum (KAO)

Dalam penelitian ini dibuat enam variasi kadar aspal rencana yang masing-masing berbeda 0,5% lalu dibandingkan dengan parameter-parameter pada pengujian Marshall agar nilai kadar aspal optimum dapat diketahui. Kadar aspal yang dipilih haruslah sedemikian rupa sehingga 2 kadar kurang dari nilai kadar aspal tengah dan 2 kadar aspal lebih besar dari nilai kadar aspal tengah. Misalkan kadar aspal tengah adalah  $P_b\%$  maka variasi kadar aspal yang digunakan  $(P_b-1)\%$ ,  $(P_b-0,5)\%$ ,  $P_b\%$ , dan  $(P_b+0,5)\%$ ,  $(P_b+1)\%$ .