

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Perkerasan Jalan**

Perkerasan jalan adalah lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada transportasi, dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti (Sukirman, 2003).

Berdasarkan bahan pengikatnya konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan atas :

1. 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. Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan permukaan (*surface course*), lapisan pondasi atas (*base course*), lapisan pondasi bawah (*sub base course*), lapisan tanah dasar (*subgrade*).
2. 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.
3. 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.

## 2.2 Agregat

Agregat atau batuan didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat. *American Society for Testing and Material* (ASTM) mendefinisikan agregat sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa masa berukuran besar ataupun berupa fragmen-fragmen (Djanasudirja, 1984).

Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90%-95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75%-85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain.

### 2.2.1 Jenis – Jenis Agregat

Agregat dapat dibedakan berdasarkan proses terjadinya, pengolahan, dan ukuran butirannya.

#### 1. Berdasarkan proses terjadinya

##### a. Agregat beku (*igneous rock*)

Agregat beku (*igneous rock*) adalah agregat yang berasal dari magma yang mendingin dan membeku. Agregat beku dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

- Agregat beku luar (*extusive igneous rock*) dibentuk dari magma yang keluar ke permukaan bumi di saat gunung berapi meletus, dan akibat pengaruh cuaca mengalami pendinginan dan membeku. Pada umumnya agregat beku luar berbutir halus seperti batu apung, *andesit*, *basalt*, *obsidian*, *pumice*.
- Agregat beku dalam (*intrusive igneous rock*) dibentuk dari magma yang tak dapat keluar ke permukaan bumi, mengalami pendinginan dan membeku secara perlahan-lahan di dalam bumi, dapat ditemui di permukaan bumi karena proses erosi dan atau gerakan bumi. Agregat beku dalam umumnya bertekstur kasar seperti *gabbro*, *diorite*, *syenit*.

b. Agregat sedimen (*sedimentary rock*)

Agregat sedimen (*sedimentary rock*) dapat berasal dari campuran partikel mineral, sisa-sisa hewan dan tanaman yang mengalami pengendapan dan pembekuan. Pada umumnya merupakan lapisan-lapisan pada kulit bumi, hasil endapan di danau, laut dan sebagainya. ses mekanik, organis, dan kimiawi.

c. Agregat metamorfik (*metamorphic rock*)

Agregat metamorfik (*metamorphic rock*) adalah agregat sedimen ataupun agregat beku yang mengalami proses perubahan bentuk akibat adanya perubahan tekanan dan temperature kulit bumi. Berdasarkan strukturnya dapat dibedakan atas agregat metamorf yang masif seperti marmer, kwarsit dan agregat metamorf yang berfoliasi, berlapis seperti batu sabak, *filit*, *sekis*.

2. Berdasarkan pengolahannya

Berdasarkan pengolahannya agregat dibagi menjadi dua jenis, yaitu sebagai berikut:

a. Agregat siap pakai

Agregat siap pakai adalah agregat yang dapat dipergunakan sebagai material perkerasan jalan dengan bentuk dan ukuran sebagaimana diperoleh di lokasi asalnya, atau dengan sedikit proses pengolahan. Agregat ini terbentuk melalui proses erosi dan degradasi. Agregat ini juga sering disebut sebagai agregat alam. Dua bentuk dan ukuran agregat alam yang sering dipergunakan sebagai material perkerasan jalan yaitu kerikil dan pasir.

b. Agregat yang perlu diolah terlebih dahulu sebelum dipakai

Agregat ini merupakan agregat yang diperoleh di bukit-bukit, di gunung-gunung, ataupun di sungai-sungai. Agregat yang berasal dari gunung, bukit, sungai yang perlu melalui proses pengolahan terlebih dahulu di mesin pemecah batu, umumnya lebih baik sebagai material perkerasan jalan, karena mempunyai bidang pecahan, bertekstur kasar dan ukuran agregat sesuai yang diinginkan. Di samping itu terdapat pula agregat

yang merupakan hasil olahan pabrik seperti semen dan kapur, atau limbah, atau limbah industri seperti abu terbang.

3. Berdasarkan ukuran butirnya

*The Asphalt Institut* dan *Deskrimpraswil* dalam *Spesifikasi Baru Campuran Panas, 2002* membedakan agregat menjadi :

- a. Agregat kasar, adalah agregat dengan ukuran butir lebih besar dari saringan No. 8 (2,36 mm)
- b. Agregat halus, adalah agregat dengan ukuran butir lebih halus dari saringan No. 8 (2,36 mm)
- c. Bahan pengisi (*filler*), adalah bagian dari agregat halus yang lolos saringan No. 30 (0,60 mm)

Bina Marga membedakan agregat menjadi :

- a. Agregat kasar, adalah agregat dengan ukuran butir lebih besar dari saringan No. 4 (4,75 mm)
- b. Agregat halus, adalah agregat dengan ukuran butir lebih halus dari saringan No. 4 (4,75 mm)

### **2.2.2 Sifat Agregat Sebagai Material Perkerasan Jalan**

Sifat agregat merupakan salah satu faktor penentu kemampuan perkerasan jalan memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca. Oleh karena itu perlu pemeriksaan yang teliti sebelum diputuskan suatu agregat dapat dipergunakan sebagai material perkerasan jalan. Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai material perkerasan jalan adalah sebagai berikut :

1. Gradasi agregat

Gradasi agregat merupakan sifat yang sangat luas pengaruhnya terhadap kualitas perkerasan secara keseluruhan. Gradasi adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya. Ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisis saringan. Satu set saringan umumnya terdiri dari beberapa ukuran saringan. Ukuran saringan dalam ukuran panjang menunjukkan ukuran bukaan, sedangkan nomor saringan menunjukkan banyaknya bukaan dalam 1 inci panjang, seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Ukuran Bukaannya Saringan

Ukuran Saringan	Bukaan (mm)	Ukuran Saringan	Bukaan (mm)
4 inch	100	3/8 inch	9,5
3 ½ inch	90	No. 4	4,75
3 inch	75	No. 8	2,36
2 ½ inch	63	No. 16	1,18
2 inch	50	No. 30	0,6
1 ½ inch	37,5	No. 50	0,3
1 inch	25	No. 100	0,15
¾ inch	19	No. 200	0,075
½ inch	12,5		

(Sumber :SNI 03-1968-1990)

Gradasi agregat dapat diperiksa dengan melakukan pengujian analisa saringan berdasarkan SNI ASTM C 136-2012.

2. Ukuran maksimum agregat

Ukuran maksimum agregat adalah satu saringan atau ayakan yang lebih besar dari ukuran nominal maksimum, dapat dinyatakan dengan :

- a. Ukuran maksimum agregat, menunjukkan ukuran saringan terkecil bilamana agregat yang lolos saringan tersebut sebanyak 100%.
- b. Ukuran nominal maksimum agregat, menunjukkan ukuran saringan terbesar bilamana agregat tertahan tidak lebih dari 10%.

3. Kebersihan agregat (*cleanliness*)

Kebersihan agregat ditentukan dari banyaknya butir-butir halus yang lolos saringan No.200, seperti seperti adanya lempung, lanau, ataupun adanya tumbuh-tumbuhan pada campuran agregat.

4. Daya tahan agregat

Daya tahan agregat merupakan ketahanan agregat terhadap adanya penurunan mutu akibat proses mekanis dan kimiawi. Agregat dapat mengalami degradasi yaitu perubahan gradasi akibat pecahnya butir-butir agregat. Kehancuran agregat dapat disebabkan oleh proses mekanis, seperti gaya-

gaya yang terjadi selama proses pelaksanaan jalan, pelayanan terhadap beban lalu lintas, dan proses kimiawi, seperti pengaruh kelembaban, kepanasan dan perubahan suhu sepanjang hari. Ketahanan agregat terhadap degradasi diperiksa dengan pengujian abrasi menggunakan alat abrasi Los Angeles, sesuai dengan SNI24117-2008 atau AASHTO T 6-87.

5. Bentuk dan tekstur agregat

Berdasarkan bentuknya, partikel atau butir agregat dikelompokkan menjadi berbentuk bulat, lonjong, pipih, kubus, tak beraturan, atau mempunyai bidang pecahan.

6. Berat jenis agregat dan penyerapan

Di dalam perhitungan rancangan campuran dibutuhkan parameter penunjuk berat yaitu berat jenis agregat. Berat jenis agregat adalah perbandingan antara berat volume agregat dan berat volume air. Agregat dengan berat jenis kecil, mempunyai volume yang besar atau berat yang ringan. Terdapat beberapa jenis berat jenis agregat (*specific gravity*) yaitu sebagai berikut :

a. Berat jenis curah kering ( $S_d$ )

Berat jenis yang merupakan perbandingan antara berat dari satuan volume agregat (termasuk rongga yang *permeable* dan di dalam butir partikel, tetapi tidak termasuk rongga antara butiran partikel) pada suatu temperatur tertentu terhadap berat di udara dari air suling bebas gelembung dalam volume yang sama pada suatu temperatur tertentu.

b. Berat jenis curah jenuh kering permukaan ( $S_s$ )

Berat jenis yang merupakan perbandingan antara berat dari satuan volume agregat (termasuk berat air yang terdapat di dalam rongga akibat perendaman selama (24+4) jam, tetapi tidak termasuk rongga antara butiran partikel) pada suatu temperatur tertentu terhadap berat di udara dari air suling bebas gelembung dalam volume yang sama pada suatu temperatur tertentu.

c. Berat jenis semu /*apparent* ( $S_a$ )

Berat jenis yang merupakan perbandingan antara berat dari satuan volume suatu bagian agregat yang impermiabel pada suatu temperatur tertentu terhadap berat di udara dari air suling bebas gelembung dalam volume yang sama pada suatu temperatur tertentu.

d. Penyerapan air ( $S_w$ )

Penyerapan air adalah penambahan berat dari suatu agregat akibat air yang meresap ke dalam pori-pori, tetapi belum termasuk air yang tertahan pada permukaan luar partikel, dinyatakan sebagai persentase dari berat keringnya; agregat dikatakan "kering" ketika telah dijaga pada suatu temperatur  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$  dalam rentang waktu yang cukup untuk menghilangkan seluruh kandungan air yang ada (sampai beratnya tetap).

### 2.3 Aspal

Aspal adalah bahan alam dengan komponen kimia hidrokarbon, hasil eksplorasi dengan warna hitam bersifat plastis hingga cair, tidak larut dalam larutan asam encer dan alkali atau air, tapi larut sebagian besar dalam aether, CS<sub>2</sub> bensol dan chloroform (Saodang,2005).

Fungsi aspal dalam perkerasan beraspal adalah sebagai bahan pengikat agar agregat tidak mudah lepas akibat lalu lintas dan lingkungan. Selain itu aspal juga berfungsi sebagai lapis kedap yang melindungi agregat dan material lain di bawahnya dari pengaruh air. Agar aspal dapat dapat berfungsi seperti yang diharapkan maka aspal diantaranya harus memiliki karakteristik sebagai berikut :

1. Aspal harus dapat melapisi agregat dan mengisi rongga antar agregat hingga perkerasan cukup rapat dan kedap air
2. Aspal harus memberikan lapisan yang elastis sehingga perkerasan tidak mudah retak
3. Aspal tidak peka terhadap perubahan suhu dilapangan
4. Aspal mempunyai adhesi yang baik terhadap agregat yang dilapisi
5. Aspal mempunyai kohesi yang baik

6. Aspal tidak cepat rapuh atau lapuk
7. Aspal mudah dikerjakan
8. Aspal aman saat pengerjaan
9. Aspal homogeny dan tidak berubah selama penyimpanan
10. Aspal memberikan kinerja yang baik terhadap campuran

### 2.3.1 Jenis Aspal

Aspal yang digunakan untuk bahan perkerasan jalan (Saodang,2005), terdiri beberapa jenis :

#### 1. Aspal alam

Aspal alam berbentuk apabila deposit minyak mentah dalam perut bumi terdestilasi secara alami. Aspal ini bias muncul ke permukaan bumi melalui cetakan/retakan. Apabila aspal yang muncul ke permukaan yang berupa lembah maka terbentuk deposit aspal alam yang disebut aspal danau. Sedangkan apabila aspal yang muncul ke permukaan bumi dan meresap kedalam batuan porus akan berbentuk aspal gunung. Di Indonesia terdapat aspal alam yang disebut aspal batu buton atau asbuton. Aspal alam ini terjadi karena adanya minyak bumi yang mengalir keluar melalui retak-retak kulit bumi. Setelah minyak menguap, maka tinggal aspal yang melekat pada batuan yang dilalui.

#### 2. Aspal minyak (*petroleum asphalt*)

Berbentuk padat atau semi-padat sebagai cikal bakal bitumen, yang diperoleh dari penirisan minyak.

##### a. Aspal keras-panas (*asphaltic-cement*)

Aspal ini berbentuk padat pada temperatur ruangan. Di Indonesia aspal semen dibedakan dari nilai penetrasinya, misal : AC dengan penetrasi 40/50, 60/70, 85-100).

Aspal dengan penetrasi rendah digunakan di daerah cuaca panas atau lalu lintas dengan volume tinggi, sedangkan aspal dengan penetrasi tinggi digunakan ditempat bercuaca dingin atau lalu lintas dengan volume rendah.

b. Aspal dingin-cair (*cut –back asphalt*)

Aspal ini digunakan dalam keadaan cair dan dingin. Aspal dingin adalah campuran pabrik antara aspal panas dengan bahan pengencer dari hasil penyulingan minyak bumi.

c. Aspal emulsi (*emulsion asphalt*)

Disediakan dalam bentuk emulsi, dapat digunakan dalam keadaan dingin. Dibedakan dua jenis emulsi :

- Kationik (aspal emulsi asam), emulsi bermuatan arus listrik positif
- Anionik (aspal emulsi alkali), emulsi bermuatan arus listrik negatif.

Berdasarkan bahan emulsifier ditambah air, dibedakan yaitu Tipe RS (*rapid setting*): RS1 ; Tipe MS (*medium setting*): MS1 sampai MS3 ; Tipe SS (*slow setting*): SS1

### 2.3.2 Sifat Aspal

Aspal mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

1. Daya tahan (*durability*)

Daya tahan aspal adalah kemampuan aspal mempertahankan sifat asalnya akibat pengaruh cuaca selama masa pelayanan jalan.

2. Adhesi dan kohesi

Adhesi yaitu ikatan antara aspal dan agregat pada campuran aspal beton. Sifat ini dievaluasi dengan menguji sepesimen dengan test stabilitas *Marshall*. Kohesi adalah ketahanan aspal untuk tetap mempertahankan agregat tetap di tempatnya setelah terjadi pengikatan.

3. Kepekaan terhadap temperatur

Aspal adalah bahan yang termoplastis, berarti akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak jika temperatur bertambah.

#### 4. Kekerasan aspal

Aspal pada proses pencampuran dipanaskan dan dicampur dengan agregat sehingga dilapisi aspal atau disiramkan ke permukaan agregat yang telah disiapkan pada proses pelaburan. Pada proses pelaksanaan, terjadi oksidasi yang menyebabkan aspal menjadi getas. Peristiwa perapuhan terus berlangsung selama masa pelaksanaan. Jadi, selama masa pelayanan, aspal mengalami proses oksidasi yang besar yang dipengaruhi oleh ketebalan aspal yang menyelimuti agregat. Semakin tipis lapisan aspal, semakin besar tingkat kerapuhan yang terjadi.

### 2.3.3 Pemeriksaan Karakteristik Aspal

Pemeriksaan aspal perlu dilakukan untuk menentukan sifat fisik dan kimiawi aspal. Secara garis besar sesuai tujuannya pemeriksaan aspal dapat dikelompokkan menjadi 6 bagian pengujian, antara lain:

1. Pengujian untuk menentukan komposisi aspal.
2. Pengujian untuk mendapatkan data yang berguna bagi keselamatan bekerja.
3. Pengujian konsistensi aspal.
4. Pengujian durabilitas aspal.
5. Pengujian kemampuan aspal untuk mengikat agregat.
6. Pengujian berat jenis aspal yang dibutuhkan untuk merencanakan campuran aspal dengan agregat.

Dari pengelompokan tersebut maka dapat dilakukan beberapa pemeriksaan karakteristik aspal antara lain adalah sebagai berikut:

#### a. Berat jenis aspal

Salah satu jenis pengujian yang terdapat dalam persyaratan mutu aspal adalah berat jenis. Selain untuk memenuhi persyaratan aspal, berat jenis juga diperlukan pada saat pelaksanaan untuk konversi dari berat ke volume atau sebaliknya. Pengujian berat jenis aspal dilakukan dengan cara membandingkan massa suatu bahan dengan massa air pada isi dan temperatur yang sama.

b. Penetrasi aspal

Pengujian penetrasi aspal bertujuan untuk mengetahui kekerasan pada aspal yang mengacu dari kedalaman masuknya jarum penetrasi secara vertikal yang dinyatakan dalam satuan 0,1 mm pada kondisi beban, waktu dan temperatur yang diketahui.

c. Daktilitas aspal

Daktilitas aspal adalah sifat pemuluran aspal yang diukur pada saat putus. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sifat kohesi dan plastisitas aspal dengan cara memasukkan 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 lalu jalankan mesin dan ukur pemuluran benda uji pada saat putus.

d. Titik lembek aspal

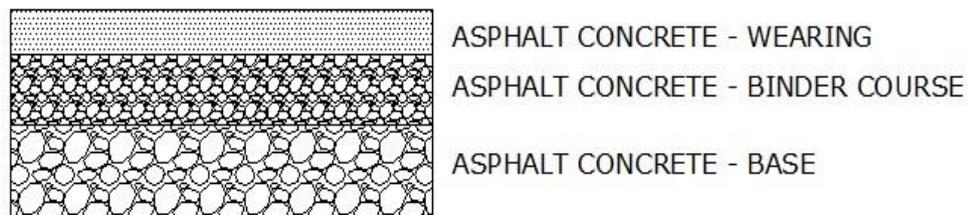
Pengujian titik lembek dengan alat cincin dan bola bertujuan untuk menentukan angka titik lembek yang berkisar dari 30°C sampai dengan 157°C.

## 2.4 Bahan Pengisi (*Filler*)

*Filler* adalah mineral paling halus dari agregat beton aspal, berukuran kurang dari saringan nomor 200, dan tidak boleh mengandung kelembapan. Bahan yang paling cocok untuk *filler* adalah semen Portland yang bebas kelembapan, karena dikemas didalam karung. Bebas kelembapan ini penting karena *filler* tidak melewati mesin pemanas, masuk langsung ke *pugmill* melalui *screw intrusion*. Ada pendapat bahwa *filler* akan berfungsi untuk melengkapi garis gradasi batuan, tetapi pendapat lain condong untuk menganggap *filler* akan membentuk mastik langsung dengan aspal dan meningkatkan kemampuan aspal menahan panas tinggi di lapangan. Lapis beton aspal yang mengabaikan *filler*, baik disengaja maupun tidak, permukaan beton aspal akan mudah berubah bentuk dan mengalami deformasi (Soehartono, 2015).

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

Lapisan AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) adalah lapisan penutup konstruksi perkerasan jalan yang mempunyai nilai struktural. Campuran ini terdiri atas agregat bergradasi menerus dengan aspal keras, dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Laston adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang mempunyai gradasi menerus, dicampur, dihampar dan dipadatkan pada suhu tertentu. (Sukirman, 2003).



Gambar 2.1 Lapisan Aspal Beton AC-WC, AC-BC, dan AC-Base

Ada beberapa jenis beton aspal campuran panas, namun dalam penelitian ini jenis beton aspal campuran panas yang akan ditinjau adalah AC-WC. Laston sebagai lapis aus (*Wearing Course*) adalah lapisan perkerasan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan, merupakan lapisan yang kedap air, tahan terhadap cuaca, dan mempunyai kekesatan yang disyaratkan dengan tebal nominal minimum 4 cm. Lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan dibawahnya berupa muatan kendaraan (gaya vertikal), gaya rem (horizontal) dan pukulan roda kendaraan (getaran). Karena sifat penyebaran beban, maka beban yang diterima oleh masing-masing lapisan berbeda dan semakin kebawah semakin besar. Lapisan yang paling atas disebut lapisan permukaan dimana lapisan permukaan ini harus mampu menerima seluruh jenis beban yang bekerja. Oleh karena itu lapisan permukaan mempunyai fungsi sebagai berikut :

1. Lapis perkerasan penahan beban roda, harus mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan.
2. Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan dibawahnya dan melemahkan lapisan–lapisan tersebut.
3. Lapis aus, lapisan yang langsung menerima gesekan akibat gaya rem dari kendaraan sehingga mudah menjadi aus.
4. Lapisan yang menyebarkan beban kelapisan bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain yang ada di bawahnya. Untuk dapat memenuhi fungsi tersebut diatas, pada umumnya lapisan permukaan dibuat dengan menggunakan bahan pengikat aspal sehingga menghasilkan lapisan yang kedap air dengan stabilitas yang tinggi dan daya tahan yang lama.  
(Sukirman, 2003)

## 2.6 Plastik

Plastik adalah bahan yang sangat serbaguna dan banyak digunakan untuk keperluan sehari-hari. Saat ini plastik menjadi bahan baku yang lebih murah dan efektif. Setiap sektor dari kehidupan manusia banyak menggunakan plastik mulai dari kemasan, mobil, elektronik, listrik, konstruksi bangunan, komunikasi, dll. Salah satu *modifier* yang banyak digunakan untuk meningkatkan kualitas campuran beraspal adalah polimer. Sementara plastik merupakan bahan yang mengandung senyawa polimer. Sehingga plastik berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan tambah pada campuran beraspal. Adapun jenis-jenis kode plastik yang dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2 Jenis-jenis Kode Plastik

Jenis Polimer	Kode	Sifat	Penggunaan
<i>Polyethylene Terephthalate</i> (PET atau PETE)		Jernih, kuat, tahan pelarut, kedap gas dan air, melunak pada suhu 80 °C	Botol minuman, minyak goreng, selai <i>peanut butter</i> , kecap dan sambal, <i>try biscuit</i>

Lanjutan Tabel 2.2

Jenis Polimer	Kode	Sifat	Penggunaan
<p><i>High Density Polyethylene</i> (HDPE)</p>		<p>Keras hingga semi fleksibel, tahan terhadap bahan kimia dan kelembaban, permeabel terhadap gas, permukaan berkilin (<i>waxy</i>), buram (<i>opaque</i>), mudah diwarnai, diproses dan dibentuk, melunak pada suhu 75 °C</p>	<p>Botol susu cair dan <i>juice</i>, tutup plastik, kantong belanja dan wadah es krim</p>
<p><i>Polyvinyl Chloride</i> (PVC atau V)</p>		<p>Kuat, keras, bisa jernih, bentuk bisa diubah dengan pelarut, melunak pada suhu 80 °C</p>	<p>Botol <i>juice</i>, air mineral, minyak sayur, kecap sambal, pembungkus makanan</p>
<p><i>Low Density Polyethylene</i> (LDPE)</p>		<p>Mudah diproses, kuat, fleksibel, kedap air, permukaan berkilin, tidak jernih tapi tembus cahaya, melunak pada suhu 70 °C</p>	<p><i>Pot yoghurt</i>, kantong belanja (kresek), kantong roti dan makanan segar, botol yang dapat ditekan</p>

Lanjutan Tabel 2.2

Jenis Polimer	Kode	Sifat	Penggunaan
<i>Polypropylene</i> (PP)		Keras tapi fleksibel, kuat, permukaan berkilin, tidak jernih tapi tembus cahaya, tahan terhadap bahan kimia, panas dan minyak, melunak pada suhu 140°C	Pembungkus biskuit, kantong <i>chips</i> kentang, <i>krat sereal</i> , pita perekat kemasan dan sedotan
<i>Polystyrene</i> (PS)		Jernih seperti kaca, kaku, getas, buram, terpengaruh lemak dan pelarut, mudah dibentuk, melunak pada suhu 95°C	Wadah makanan beku, sendok dan garpu
Polistiren Busa ( <i>EPS 'Stryofoam'</i> )		Bentuk busa, ringan, getas, kaku, biasanya berwarna Putih	Wadah makanan siap saji dan cup kopi
<i>Other – Lainnya</i> (Misalnya Polikarbonat)		Keras, jernih, tahan panas	Galon air mineral, botol susu bayi

(Sumber : Badan Pengawas Obat dan Minuman, 2016).

Salah satu peneliti yang mengembangkan plastik untuk memodifikasi campuran beraspal adalah Prof. Vasudevan dari India. Penelitiannya telah menunjukkan hasil yang baik dimana dengan penambahan plastik akan meningkatkan kualitas campuran beraspal. Keuntungan yang dapat diperoleh dengan menggunakan plastik sebagai bahan tambah pada campuran beraspal antara lain:

1. Kemampuan untuk menahan deformasi yang lebih tinggi
2. Ketahanan terhadap kerusakan jalan yang diakibatkan oleh air
3. Meningkatkan durabilitas dan umur lelah
4. Meningkatkan stabilitas dan kekuatan

## **2.7 Polyvinyl Chloride (PVC)**

*Polyvinyl Chloride* atau yang disingkat dengan PVC yaitu polimer termoplastik urutan ke-tiga dalam hal jumlah penggunaan di dunia. *Polyvinyl chloride (PVC)* pertama kali ditemukan pada Tahun 1872, ketika secara tak sengaja orang menemukan serbuk putih dalam botol berisi gas vinil klorida yang terekspos oleh sinar Matahari.

PVC banyak digunakan pada konstruksi bangunan karena PVC relatif murah, tahan lama, dan mudah dirangkai. PVC bisa dibuat lebih elastis dan fleksibel dengan menambahkan *plasticizer*. PVC yang memiliki sifat fleksibel umum dipakai sebagai bahan pakaian, perpipaan, atap, dan insulasi kabel listrik.

PVC dihasilkan dari dua jenis bahan baku utama yaitu minyak bumi dan garam dapur (NaCl). Minyak bumi diolah melalui proses pemecahan molekul yang disebut cracking (pemecahan) menjadi berbagai macam zat, termasuk Etilena (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>), sementara garam dapur diolah melalui proses elektrolisa menjadi Natrium Hidroksida (NaOH) dan gas Clor (Cl<sub>2</sub>). Etilena kemudian direaksikan dengan gas klor menghasilkan etilena diklorida (CH<sub>2</sub>Cl-CH<sub>2</sub>Cl). Proses cracking molekul etilena diklorida menghasilkan gas vinil klorida (CHCl=CH<sub>2</sub>) dan asam klorida (HCl). Akhirnya, melalui proses polimerisasi (penggabungan molekul yang disebut monomer, dalam hal ini vinil klorida dihasilkan molekul raksasa

dengan rantai panjang (polimer), polivinil klorida (PVC), yang berupa bubuk halus berwarna putih.

PVC dibuat dengan polimerisasi emulsi atau suspensi. PVC hasil suspensi atau ruah biasanya berupa bubuk berpori. Polimer dan kopolimer PVC dapat kaku (tanpa pemlastik) atau luwes (dengan pemlastik), kuat, liat, tahan air dan kimia, tahan cuaca, isolator listrik, tahan rambatan nyala api dan stabil oleh aditif serta filler.

Karakteristik dari PVC antara lain :

- a. PVC dengan pemlastik (plasticizer)
  - 1) Memiliki suhu maksimum  $100^{\circ}\text{C}$ , yang memungkinkan PVC dapat diproses.
  - 2) Memiliki kuat daya rentang sebesar 28 – 42 MPa.
  - 3) Persentase panjang 200 – 250
- b. PVC tanpa pemlastik (plasticizer)
  - 1) Memiliki suhu maksimum  $70^{\circ}\text{C}$ .
  - 2) Memiliki kuat daya rentang sebesar 52 – 58 MPa.
  - 3) Persentase panjang 2 – 40.



Gambar 2.2 Serbuk PVC

## 2.8 Beton Aspal Campuran Panas (*Hot Mix*)

Menurut Sukirman (1999), aspal beton campuran panas merupakan salah satu jenis dari lapis perkerasan konstruksi perkerasan lentur. 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 harus dipanaskan dulu sebelum dicampur. Karena dicampur dalam keadaan panas maka sering kali disebut sebagai *hotmix*. Pekerjaan pencampuran dilakukan di pabrik pencampur, kemudian dibawa ke lokasi dan dihampar dengan mempergunakan alat penghampar sehingga diperoleh lapisan lepas yang seragam dan merata untuk selanjutnya dipadatkan dengan mesin pemadat dan akhirnya diperoleh lapisan padat aspal beton.

### 2.8.1 Karakteristik Beton Aspal

Menurut *Asphalt Institute MS-22*, suatu campuran aspal beton harus memiliki karakteristik campuran yang baik. Karakteristik tersebut meliputi stabilitas, kelenturan atau fleksibilitas, daya tahan/durabilitas, kekesatan permukaan, kemudahan pekerjaan, kedap air, dan ketahanan terhadap kelelahan.

#### 1. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur, dan *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan, dan beban lalu lintas yang akan dilayani. Jalan yang melayani volume lalu lintas tinggi dan dominan terdiri dari kendaraan berat, membutuhkan perkerasan jalan dengan stabilitas tinggi. Sebaliknya perkerasan jalan yang diperuntukkan untuk melayani lalu lintas kendaraan ringan tentu tidak perlu mempunyai nilai stabilitas yang tinggi.

## 2. Durabilitas

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

## 3. Fleksibilitas

Kelenturan atau fleksibilitas adalah kemampuan beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (konsolidasi/*settlement*) dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak. Penurunan terjadi akibat berat sendiri tanah timbunan yang dibuat diatas tanah asli. Fleksibilitas dapat ditingkatkan dengan mempergunakan agregat bergradasi terbuka dengan kadar aspal yang tinggi.

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

Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*) adalah kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak. Hal ini dapat tercapai jika mempergunakan kadar aspal yang tinggi.

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

Kekesatan/tahanan geser (*skid resistance*) adalah kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir, ataupun *slip*. Berikut adalah faktor-faktor yang mempengaruhi kekesatan jalan yaitu:

- a. Kekasaran permukaan dari butir-butir. Dalam hal ini agregat yang digunakan tidak hanya mempunyai permukaan yang kasar, tetapi juga mempunyai daya tahan
- b. Luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir

- c. Gradasi agregat
- d. Kepadatan campuran
- e. Tebal film aspal
- f. Ukuran maksimum butir agregat

6. Kedap air

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

7. Kemudahan pelaksanaan (*workability*)

Mudah dilaksanakan (*workability*) adalah kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Tingkat kemudahan dalam pelaksanaan, menentukan tingkat efisiensi pekerjaan. Faktor yang mempengaruhi tingkat kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah :

- a. Viscositas aspal
- b. Kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur
- c. Gradasi dan kondisi agregat Revisi atau koreksi terhadap rancangan campuran dapat dilakukan jika ditemukan kesukaran dalam pelaksanaan.

### **2.8.2 Persyaratan Campuran Beton Aspal**

Aspal yang digunakan untuk campuran beton aspal haruslah memenuhi persyaratan seperti yang diberikan dalam spesifikasi pekerjaan. Tabel 2.3 berikut adalah spesifikasi persyaratan campuran beton aspal.

Tabel 2.3 Ketentuan Sifat-sifat Campuran Aspal

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		AC-WC	AC-BC	AC-BASE
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		
	Maks	5		
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	Min	65	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min	800		1800
Pelelehan (mm)	Min	2		3
	Maks	4		6
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam 60 C	Min	90		
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal ( <i>refusal</i> )	Min	2		

(Sumber: Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Pekerjaan Konstruksi Jalan Dan Jembatan 2018)

## 2.9 Aspal Modifikasi

Aspal modifikasi merupakan aspal keras yang ditambahkan dengan suatu bahan tambah yang bertujuan untuk meningkatkan kinerja aspal yang diinginkan. Awal mula diperkenalkan aspal modifikasi di luar negeri dengan maksud mencegah retak pada waktu musim dingin berlangsung serta dilakukan modifikasi untuk mencegah terjadinya pelunakan aspal beton akibat panas permukaan jalan di negara dengan musim panas yang ekstrim. Cara memodifikasi aspal yang paling sering digunakan adalah dengan pemakaian aditif terhadap campuran aspal.

Salah satu contoh aspal modifikasi adalah aspal yang dimodifikasi dengan penambahan polimer. Terdapat dua teknik dalam pencampuran polimer ke dalam aspal yaitu dengan cara basah (*wet process*) dimana polimer dimasukkan ke dalam aspal panas dan diaduk dengan kecepatan tinggi dan cara kering (*dry process*)

dimana polimer dimasukkan ke dalam agregat yang dipanaskan pada temperatur campuran.

Penambahan bahan aditif jenis polimer dalam jumlah kecil ke dalam aspal terbukti dapat meningkatkan kinerja aspal dan memperpanjang umur kekuatan/masa layan perkerasan tersebut. Polimer juga dapat meningkatkan daya tahan perkerasan terhadap berbagai kerusakan, seperti deformasi permanen, retak akibat perubahan suhu, *fatigue damage* serta pemisahan/pelepasan material.

Campuran aspal modifikasi haruslah memenuhi persyaratan seperti yang diberikan dalam spesifikasi pekerjaan. Tabel 2.4 berikut adalah spesifikasi persyaratan campuran beton aspal modifikasi.

Tabel 2.4 Ketentuan Sifat-sifat Campuran Aspal Modifikasi

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		AC-WC	AC-BC	AC-BASE
Jumlah tumbukan per bidang	-	75		112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075mm dengan kadar aspal efektif	Min	1,0		
	Maks	1,2		
Rongga dalam campuran (%)	Min	3		
	Maks	5		
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	Min	65	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min	1000		2250
Pelelehan (mm)	Min	2		3
	Maks	4		6
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam 60 C	Min	90		
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal ( <i>refusal</i> )	Min	2		
Stabilitas dinamis, lintasan/mm	Min	2500		

(Sumber: Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Pekerjaan Konstruksi Jalan Dan Jembatan 2018)

## 2.10 Pengujian Marshall

Pengujian kinerja beton aspal padat dilakukan melalui pengujian Marshall yang dikembangkan pertama kali oleh Bruce Marshall dan dilanjutkan oleh *U.S. Corps Engineer*. Alat Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan cincin penguji (*proving ring*) berkapasitas 22,2 KN (=5000lbf) dan *flowmeter*. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, sedangkan *flowmeter* digunakan untuk mengukur kelelahan plastis atau *flow*.

Pengujian *Marshall* pada campuran digunakan untuk mencari data dari persyaratan campuran dan memperoleh hasil perhitungan akhir dari sifat-sifat *Marshall*, seperti :

1. VIM (*Void in Mix*) adalah volume rongga di antara butir-butir agregat yang diselubungi aspal atau volume rongga dalam beton aspal padat. VIM dinyatakan dalam persentase terhadap volume beton aspal padat.
2. VMA (*Void in Mineral Agregat*) adalah banyaknya rongga di antara butir-butir agregat di dalam beton aspal padat, dinyatakan dalam persentase terhadap volume bulk beton aspal padat.
3. VFA (*Void Filled with Asphalt*) adalah bagian dari rongga yang berada di antara mineral agregat (VMA) yang terisi aspal, tidak termasuk di dalamnya aspal yang menyerap ke dalam pori masing-masing butir agregat.
4. Stabilitas adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban yang bekerja tanpa perubahan bentuk. Nilai stabilitas juga menunjukkan besarnya kemampuan perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja.
5. *Flow* (kelelahan plastis) adalah besarnya deformasi vertikal sampel yang terjadi mulai saat awal pembebanan sampai kondisi kestabilan maksimum sehingga sampel sampai batas runtuh. *Flow* merupakan indikator terhadap lentur.

## 2.11 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini didasari oleh literatur atau referensi yang berhubungan dengan obyek pembahasan. Penggunaan referensi bertujuan untuk memberikan batasan-batasan terhadap pembahasan dari penelitian yang akan dikembangkan serta agar dapat menghasilkan hasil yang lebih baik dari referensi penelitian sebelumnya. Referensi penelitian terdahulu yang peneliti dapatkan dapat dilihat pada uraian berikut:

1. Hasil penelitian Fahrur Rozy (2019)

Penelitian Fahrur Rozy (2019), berjudul "*Pengaruh Penggunaan Plastik PVC Terhadap Kinerja Campuran Aspal Beton (AC-WC)*". Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tentang pengaruh penggunaan aspal yang dimodifikasi dengan PVC terhadap kinerja campuran aspal beton (AC-WC). Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, dimana dibuat 15 benda uji menggunakan aspal pen 60/70 untuk menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO). Kadar Aspal Optimum (KAO) yang diperoleh yaitu sebesar 6%. Kadar plastik PVC yang digunakan sebesar 0%, 1%, 2%, 3% dan 4%. Berdasarkan hasil pengujian volumetrik dan marshall menunjukkan bahwa nilai VIM, VMA, stabilitas dan MQ meningkat, sedangkan nilai VFB dan flow menurun. Perubahan nilai tersebut masih memenuhi spesifikasi Bina Marga, sehingga perlu dilakukan pengujian marshall immersion. Indeks kekuatan sisa terbesar dihasilkan dari campuran dengan aspal modifikasi PVC 3% dengan nilai stabilitas sisa sebesar 2339,75 kg. Nilai tersebut mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan stabilitas sisa campuran dengan aspal pen 60/70 tanpa PVC yaitu sebesar 2121,98 kg.

2. Hasil penelitian Arif Rizky Andika Pratama, Mohammad Erfan, Ester Priskasari, dan Agus Prajitno (2017)

Penelitian Arif Rizky Andika Pratama, Mohammad Erfan, Ester Priskasari, dan Agus Prajitno (2017), berjudul "*Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Polyvinyl Chloride pada Campuran Asphalt Treated Base ATB terhadap Nilai Parameter Marshall Test*". Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui tentang pengaruh penambahan limbah plastik PVC pada campuran Asphalt Treated Base ATB terhadap nilai parameter marshall test. Dalam penelitian tersebut digunakan kadar aspal sebesar 6% dengan variasi penambahan PVC yang digunakan yakni 2%, 4%, 6% dan 8% dari berat keseluruhan benda uji. Berdasarkan hasil pengujian tersebut diketahui bahwa nilai stabilitas meningkat akibat penambahan PVC, serta didapatkan nilai optimum PVC sebesar 4,98% dengan nilai parameter Marshall Test sebagai berikut: Stabilitas (1004,59 kg), Flow (3,48mm), VIM (3,34%), VMA (17,39%), MQ (288,53 kg/mm), VFA (80,98%) dan IP (88,34%). Nilai ini masuk dalam batas Spesifikasi Umum Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga. Dari nilai parameter tersebut dapat dinyatakan bahwa limbah *Polivinyll Chloride* layak dicampurkan kedalam campuran ATB. Untuk pengujian hipotesis parameter Marshall Test seperti stabilitas, flow dan MQ terdapat pengaruh akibat penambahan PVC sedangkan untuk parameter Marshall Test seperti VIM, VMA, VFA tidak terdapat pengaruh akibat penambahan PVC.

3. Hasil penelitian Mashuri dan Joy Fredy Batti (2011)

Penelitian Mashuri dan Joy Fredy Batti. (2011), berjudul "*Pemanfaatan Material Limbah Pada Campuran Beton Aspal Campuran panas*". Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui manfaat penggunaan material limbah plastik PVC terhadap kinerja campuran beton aspal campuran panas. Pada penelitian ini digunakan kadar plastik PVC sebesar 0%, 2%, 4%, 6%, 8%. Dari hasil pengujian yang dilakukan diketahui bahwa penambahan plastik PVC ke dalam campuran beton aspal panas mampu

memperbaiki nilai stabilitas campuran bila dibandingkan dengan campuran tanpa plastik PVC. Besarnya peningkatan nilai stabilitas campuran dengan tambahan kadar PVC berturut-turut adalah 31,52%, 46,32%, 59,08% dan 62,08%. Kemudian diketahui bahwa kadar plastik PVC dari 2% - 8% juga meningkatkan sifat kelenturan campuran dan masih memenuhi spesifikasi kelenturan yang disyaratkan. Oleh karena itu, bila dilihat dari nilai stabilitas dan kelenturan campuran beton aspal campuran panas (AC-WC) yang menggunakan kadar PVC 2% - 8 % cenderung naik dan masuk dalam spesifikasi. Maka dari itu material plastik PVC bisa dipertimbangkan untuk digunakan pada campuran beton aspal campuran panas sebagai material aditif. Namun demikian nilai Kadar Aspal Optimum juga cenderung meningkat pada kadar 2% sampai 8% plastik PVC.