

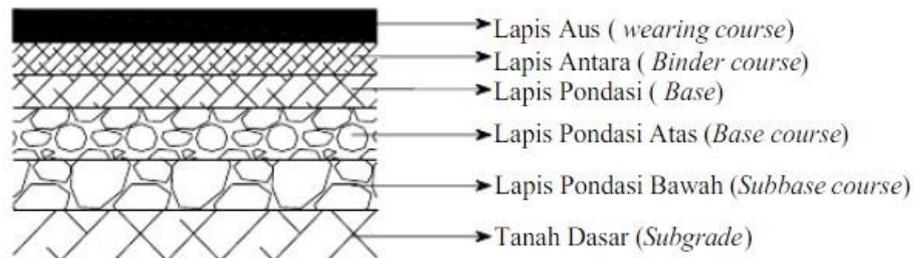
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perkerasan Jalan

Salah satu prasarana penting dalam transportasi darat yaitu perkerasan jalan. Perkerasan jalan adalah suatu lapisan yang berada di atas tanah dasar yang sudah dipadatkan, dimana fungsi dari lapisan ini adalah memikul beban lalu lintas dan menyebarkannya ke tanah dasar agar beban yang diterima tanah dasar tidak melebihi daya dukung tanah yang diijinkan (Sukirman, 1992).

Berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan atas tiga macam, yaitu (Silvia Sukirman, 1999):

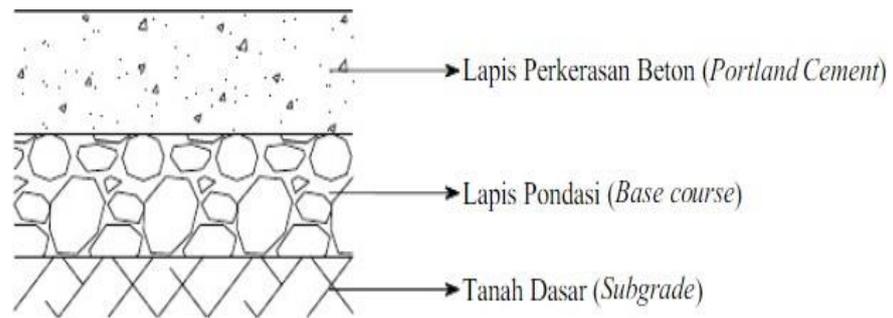
1. Konstruksi perkerasan lentur (*Flexible pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar yang telah dipadatkan, umumnya terdiri dari tiga lapis atau lebih. Lapisan-lapisan tersebut adalah lapisan permukaan (*surface coarse*), lapisan pondasi atas (*base coarse*), lapisan pondasi bawah (*subbase coarse*), dan lapisan tanah dasar (*subgrade*).



Gambar 2. 1 Komponen Perkerasan Lentur

Sumber: Sukirman (2003)

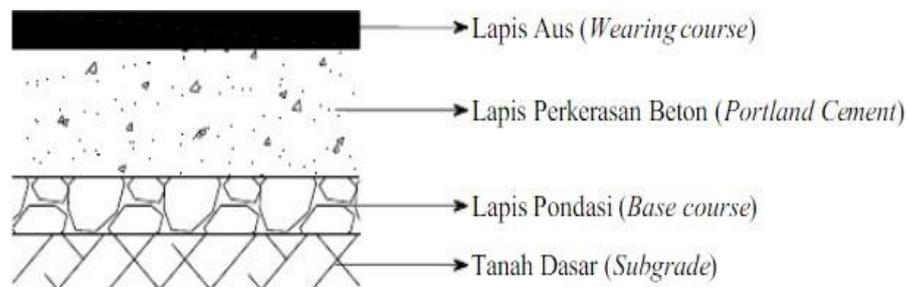
2. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikat. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapisan pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton (slab concrete).



Gambar 2.2. Komponen Perkerasan Kaku

Sumber: Sukirman (2003)

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



Gambar 2.3. Komponen Perkerasan Komposit

Sumber: Sukirman (1999)

Biasanya perkerasan lentur paling banyak digunakan untuk jalan diperkotaan karena beban lalu lintas yang ada di perkotaan dalam kategori sedang sedangkan untuk jalan antar kota atau antar provinsi menggunakan perkerasan kaku. Perbedaan utama antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku yaitu:

Tabel 2.1 Perbedaan Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku

	Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku
Bahan Pengikat	Aspal	Semen
Repetisi beban	Timbul rutting (lendutan pada jalur roda)	Timbul retak - retak pada permukaan
Penurunan tanah dasar	Jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar)	bersifat sebagai balok diatas perletakan
Perubahan temperatur	Modulus kekakuan berubah. Timbul tegangan dalam yang kecil	modulus kekakuan tidak berubah. Timbul tegangan dalam yang berubah

Sumber: Silvia Sukirman (1999)

2.2 Lapis Aspal Beton (Laston)

Lapis aspal beton adalah lapisan yang berfungsi sebagai penutup konstruksi jalan, lapisan ini terdiri dari campuran agregat, bahan pengisi, dan bahan pengikat yang dicampur dan dihamparkan pada suhu tertentu. Menurut Anas Tahir (2009) beton aspal merupakan salah satu jenis dari lapis perkerasan konstruksi perkerasan lentur. Pembuatan lapis aspal beton bertujuan untuk memberikan daya dukung dan memiliki sifat tahan terhadap keausan lalu lintas, kedap air, mempunyai nilai structural dan stabilitas yang tinggi. Menurut Bina Marga Divisi Pekerjaan Umum 2010 lapis aspal beton berdasarkan fungsinya terdiri atas 3 macam yaitu:

1. Lapisan AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) merupakan lapis perkerasan yang terletak paling atas yang berfungsi sebagai lapisan aus dan memiliki ketebalan minimum 4 cm.
2. Lapisan AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*) merupakan lapis perkerasan yang terletak dibawah lapisan aus (*Wearing Course*) dan diatas lapisan pondasi (*Base Course*) serta memiliki ketebalan minimum 6 cm.
3. Lapisan AC-Base (*Asphalt Concrete-Base*) merupakan lapis perkerasan yang terletak dibawah lapisan pengikat (*Binder Course*) dan memiliki ketebalan minimum 7,5 cm.

Pada campuran aspal panas menurut Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 memiliki ketentuan sifat yang dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Sifat – Sifat Campuran Laston

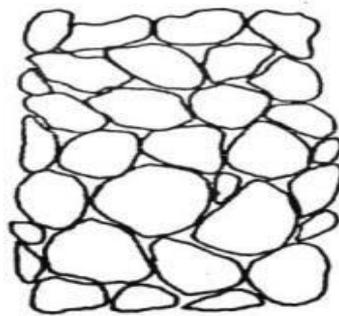
Sifat - sifat Campuran		LASTON		
		AC-WC	AC-BC	AC-Base
Jumlah Tumbukan Perbidang		75		112
Rongga dalam Campuran (VIM) (%)	Min	3,0		
	Max	5,0		
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga Terisi Aspal (VFA) (%)	Min	65	65	65
Stabilitas <i>Marshall</i> (Kg)	Min	800		1800
Pelelehan (mm)	Min	2		3
	Max	4		6
<i>Marshall Quotient</i> (Kg/mm)	Min	250		300
Stabilitas <i>Marshall</i> sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C	Min	90		

Sumber: Spesifikasi umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Pekerjaan Aspal

2.3 Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya berupa hasil alam atau buatan (Departemen Pekerjaan Umum – Direktorat Jendral Bina Marga. 2010). Agregat sebagai komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yang mengandung 90% - 95% agregat berdasarkan persentase berat atau 75% - 85% agregat berdasarkan persentase volume (Sukirman, 1999). Sehingga agregat merupakan faktor penting dalam menentukan kualitas dari perkerasan jalan. Dalam suatu campuran aspal digunakan gradasi agregat agar mendapatkan campuran yang baik. Gradasi agregat adalah distribusi ukuran partikel agregat. Dengan adanya gradasi dalam agregat akan mempengaruhi besarnya rongga dalam campuran. Gradasi agregat dibagi menjadi 3 yaitu:

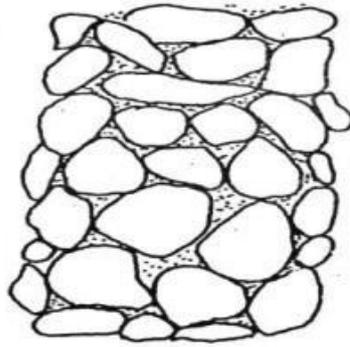
1. Gradasi seragam (*Uniform Graded*), adalah campuran agregat memiliki ukuran hampir sama atau mengandung agregat halus yang sedikit jumlahnya, sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat. Agregat dengan gradasi seragam akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan sifat permeabilitas tinggi, stabilitas kurang, berat volume kecil.



Gambar 2.4 Gradasi Seragam (*Uniform Graded*)

Sumber: Silvia Sukirman (2003)

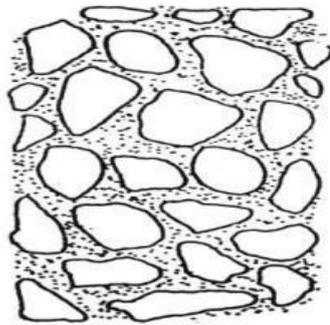
2. Gradasi rapat (*Dense Graded*), adalah campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang seimbang, sehingga dinamakan juga agregat bergradasi baik. Gradasi rapat akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan stabilitas tinggi, kurang kedap air, sifat drainase jelek, dan berat volume besar.



Gambar 2.5 Gradasi Rapat (*Dense Graded*)

Sumber: Silvia Sukirman (2003)

3. Gradasi senjang (*Gap Graded*), adalah campuran yang tidak memenuhi dua kategori gradasi diatas. Gradasi senjang akan menghasilkan lapis perkerasan yang mutunya terletak antara kedua jenis diatas serta gradasi ini juga lebih mudah dipadatkan dibanding kedua gradasi diatas.



Gambar 2.6 Gradasi Senjang (*Gap Graded*)

Sumber: Silvia Sukirman (2003)

Menurut Bina Marga 2010, agregat dibedakan menjadi:

1. Agregat Kasar: agregat yang lolos saringan 19,00 mm dan tertahan saringan no. 4 (4,75 mm).
2. Agregat Halus: agregat yang lolos saringan no. 4 (4,75 mm).
3. Bahan Pengisi: bahan yang lolos saringan no. 200 (0,075 mm) dan tidak kurang dari 75% terhadap beratnya.

Biasanya untuk keperluan perencanaan perkerasan pembagian zona agregat diperbanyak menjadi tiga zona gradasi atau yang lebih dikenal fraksi agregat yaitu, fraksi agregat kasar, sedang, dan halus. Menurut Sukirman (2007), gradasi agregat menentukan besarnya rongga atau pori yang mungkin terjadi dalam agregat campuran. Sehingga dalam perencanaan campuran dikenal dengan Gradasi Gabungan Agregat. Ketentuan agregat kasar dan agregat halus dapat dilihat pada

Tabel 2.3. dan Tabel 2.4 sedangkan ketentuan gradasi agregat dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.3 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian			Metoda Pengujian	Nilai
Kekuatan agregat terhadap tumbukan			BS 812: Part 3: 1975	Maks 12%
				Maks 18%
Abrasi dengan mesin los angeles	Campuran AC Modifikasi dan SMA	100 putaran	SNI 2417:2008	Maks 6%
		500 putaran		Maks 30%
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya	100 putaran		Maks. 8%
		500 putaran		Maks. 40%
Partikel pipih dan lonjong			ASTM D4791-10 Perbandingan 1: 5	Maks 10%
Material lolos ayakan No.200			SNI 03-4142-1996	Maks 1%

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Perkerasan Aspal

Tabel 2.4 Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Metoda Pengujian	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 60%
Kadar Lempung	SNI 3423:2008	Maks. 1%
Agregat lolos ayakan No.200	SNI 03-4428-1997	Maks 8%

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Perkerasan Aspal

Tabel 2.5 Gradasi Gabungan LASTON (AC)

Ukuran Ayakan		%Berat yang Lolos terhadap Total Agregat dalam Campuran		
ASTM	(mm)	WC	BC	Base
1,5"	37,5			100
1"	25		100	90 - 100
3/4"	19	100	90 - 100	76 - 90
1/2"	12,5	90 - 100	75 - 90	60 - 78
3/8"	9,5	77 - 90	66 - 82	52 - 71
No 4	4,75	53 - 69	46 - 64	35 - 54
No. 8	2,36	33 - 53	30 - 49	23 - 41
No. 16	1,18	21 - 40	18 - 38	13 - 30
No. 30	0,600	14 - 30	12 - 28	10 - 22
No. 50	0,300	9 - 22	7 - 20	6 - 15
No. 100	0,150	6 - 15	5 - 13	4 - 10
No. 200	0,075	4 - 9	4 - 8	3 - 7

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Perkerasan Aspal

2.4 Aspal

Aspal atau bitumen merupakan cairan kental yang berfungsi sebagai bahan pengikat dalam campuran aspal. Aspal didefinisikan sebagai material perekat berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan sampai temperatur tertentu aspal dapat berubah menjadi cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau masuk ke pori-pori yang ada pada penyemprotan atau penyiraman pada pelaksanaan pelaburan. Jika temperaturnya mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (sifat termoplastik) (Sukirman, 1992). Aspal yang paling banyak digunakan bersal dari hasil penyulingan minyak bumi selain itu juga digunakan aspal yang berasal dari pulau Buton.

Aspal memiliki sifat termoplastis yaitu mencair jika dipanaskan dan kembali membeku jika temperature turun. Selain memiliki sifat termoplastis aspal juga memiliki sifat diantaranya:

1. Daya tahan (*durability*) yaitu kemampuan aspal menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan air serta akibat gesekan roda kendaraan.
2. Adesi dan kohesi. Adesi adalah kemampuan aspal untuk mengikat agregat sehingga terjadi ikatan baik antara agregat dan aspal sedangkan kohesi adalah kemampuan aspal mempertahankan agregat untuk tetap ditempatnya setelah terjadi pengikatan.
3. Kekerasan aspal, kekerasan aspal terjadi saat proses pencampuran aspal panas sehingga akan terjadi pengerasan sehingga perapuhan yang terjadi akan terus berkurang setelah masa pelaksanaan selesai.

Menurut Departemen Pekerjaan Umum pada Petunjuk Lapis Aspal Beton (Laston)

Untuk Jalan Raya, SKBI-2.4.26.1987, aspal dibedakan menjadi 3 jenis yaitu :

1. Aspal Keras

Aspal keras adalah suatu jenis aspal minyak yang merupakan residu hasil destilasi minyak bumi pada keadaan hampa udara, yang pada suhu normal dan tekanan atmosfer berbentuk pampat.

2. Aspal Cair

Aspal cair adalah aspal minyak yang pada suhu normal dan tekanan berbentuk

cair, terdiri dari aspal keras yang diencerkan dengan bahan pelarut.

3. Aspal Emulsi

Aspal emulsi adalah suatu jenis aspal yang terdiri dari aspal keras, air, dan bahan pengemulsi dimana pada suhu normal dan tekanan normal berbentuk cair.

Aspal keras dengan penetrasi rendah digunakan didaerah cuaca panas atau lalu lintas dengan volume tinggi, sedangkan aspal penetrasi tinggi digunakan untuk daerah bercuaca dingin atau lalu lintas dengan volume rendah. Untuk lapis aspal beton menurut Bina Marga Divisi 6 Perkerasan Jalan 2010 aspal keras harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

Tabel 2.6 Ketentuan Aspal Keras

No	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Tipe I Aspal Pen 60 - 70
1	Penetrasi pada 25 °C	SNI 06-2456-1991	60 -70
2	Berat Jenis	SNI 06-2441-2011	≥ 1,0
3	Titik Nyala	SNI 06-2433-2011	≥ 232
4	Titik lembek (°C)	SNI 06-2434-2011	≥ 48
5	Daktalitas pada 25 °C (cm)	SNI 06-2432-2011	≥ 100

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Perkerasan Aspal

2.5 Plastik

Dikehidupan sehari – hari manusia tidak bisa lepas dari plastik karena sebagian besar barang yang digunakan oleh manusia berasal dari plastik, seperti botol minum, kotak makan, kantong belanja, dan lain – lain. Plastik merupakan suatu komoditi yang sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Hampir semua peralatan atau produk yang digunakan terbuat dari plastik dan sering digunakan sebagai pengemas bahan baku. Namun pada kenyataannya, sampah plastik menjadi masalah lingkungan karena plastik membutuhkan waktu yang cukup lama untuk mengalami proses daur ulang. Plastik memiliki beberapa keunggulan seperti ringan, fleksibel, kuat, tidak mudah pecah, transparan, tahan air serta ekonomis (Darni dkk., 2005 dalam Sari Permata Dian,2014).

Menurut McKinsey and CO and Ocean Conservancy, Indonesia disebut sebagai produsen sampah plastik kedua terbesar setelah China. Meski begitu, pengelolaan

sampah plastik masih rendah sehingga banyak dari sampah tersebut akhirnya dibuang ke laut. Menurut data yang pernah di publikasikan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) pada Tahun 2019 menyebutkan jumlah rata – rata sampah di Indonesia sekitar 64 juta ton dan 15% nya merupakan sampah plastik. Namun yang baru terkelola hanya 10 – 15% saja, 60 – 70% ditimbun di TPA, dan 15 – 30% yang tidak terkelola dibuang ke lingkungan perairan.

Maka dari itu banyak dari masyarakat Indonesia yang sudah mulai mengolah sampah plastik menjadi bernilai seperti membuat kerajinan dari plastik atau mengolah plastik menjadi biji plastik yang kemudian dijual kepada perusahaan pencetak kebutuhan sehari – hari seperti botol, ember, dan lain – lain. Pengolahan plastik tentu saja harus disesuaikan dengan jenisnya. Jenis plastik yang ada di pasaran sangat beragam namun menurut Saptono (2008) sifat fisik plastik dibagi menjadi 2 yaitu:

1. Termoplastik

Plastik jenis ini memiliki sifat yang tidak tahan terhdap panas atau suhu tertentu dan memiliki sifat dapat kembali ke sifat aslinya (*reversible*). Plastik jenis ini jika dipanaskan akan meleleh dan jika didinginkan akan mengeras. Proses ini dapat terjadi berulang kali, sehingga dapat dibentuk menjadi bentuk yang berbeda untuk mendapatkan polimer yang baru. Contoh plastik termoplastik yaitu:

- a. *Polyethylene Terephtalate* (PET) digunakan untuk mengemas makanan dan minuman seperti air minum dalam kemasan, the dalam kemasan botol, dan lain – lain. PET termasuk kedalam plastik yang digunakan untuk sekali pakai dan sangat tidak dianjurkan untuk dipakai berulang kali.
- b. *Polypropylene* (PP) merupakan jenis plastik yang kuat dan ringan dan memiliki kualitas tahan panas yang baik. Plastik jenis ini digunakan sebagai plastik pembungkus mie, cemilan, sedotan, tali, dan lain – lain.
- c. *Polystyrene* (PS) merupakan jenis plastik yang murah dan ringan. Plastik jenis ini digunakan sebagai bahan tempat makan sterefoam, sendok /garpu plastik, dan foam untuk pengiriman barang.

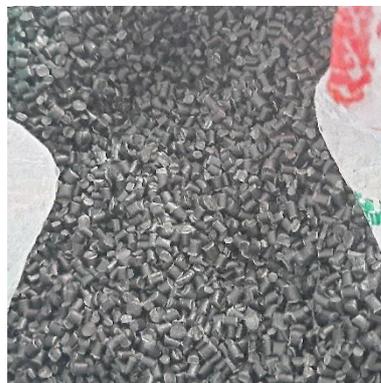
2. Termoset

Plastik jenis ini mempunyai sifat tahan terhadap panas jika dipanaskan plastik jenis ini tidak akan meleleh sehingga tidak dapat dibentuk kembali dan tidak dapat kembali ke bentuk semula (*irrevesibel*). Pada suhu tinggi jenis plastik ini akan berubah menjadi arang. Jenis plastik ini digunakan untuk steker listrik, peralatan fotografi, radio, dan perekat *plywood*.

2.5.1 Biji Plastik *Polypropylene* (PP)

Biji plastik PP digunakan sebagai bahan dasar pembuatan barang kebutuhan sehari – hari seperti ember, kursi, dan lain – lain. Biji plastik ini biasanya berasal dari pengolahan daur ulang sampah plastik yang awalnya berasal dari plastik jenis PP yang sudah dibersihkan kemudian dicacah menjadi cacahan kecil lalu dileburkan menjadi satu dan kemudian dicetak menjadi biji – biji kecil.

Polypropylene adalah sebuah material termoplastik yang merupakan hasil polimerisasi dari molekul-molekul propylene, dimana memiliki rantai molekul polimer yang sangat panjang pada monomernya dan memiliki sifat kaku, tidak berbau, dan tahan terhadap bahan kimia pelarut, asam, dan basa (Karian, 2009). Plastik PP memiliki sifat sangat mirip dengan plastik PE dan sifat – sifat penggunaannya serupa (Brody,1972). PP memiliki densitas sebesar 0,895 – 0,92 gr/cm³, sehingga PP merupakan plastik standar yang memiliki densitas terendah, dimana cetakan PP akan lebih ringan (Tripathi D, 2001).



Gambar 2.7 Biji Plastik PP

Sumber: Dokumen Pribadi

2.6 Bahan Pengisi (*Filler*)

Filler atau bahan pengisi dalam campuran aspal dapat menggunakan debu, batu kapur, semen, dan lain – lain. Bahan pengisi harus bebas dari gumpalan – gumpalan dan pengujian analisa saringan harus sesuai SNI 03-4142-1996 harus lolos dari saringan no 200 (0,075 mm) tidak kurang dari 75%. Fungsi dari *filler* adalah untuk mengisi rongga diantara partikel – partikel yang lebih besar sehingga ruang diantara partikel besar menjadi berkurang sehingga nilai stabilitas dan kerapatan bertambah dalam campuran. *Filler* harus memenuhi ketentuan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Persyaratan *Filler*

No	Jenis Pemeriksaan	Metoda Pengujian	Persyaratan
1	Lolos Saringan no 200 (0,075 mm)	SNI 03-4142-1996	Min 75%

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Perkerasan Aspal

2.7 Volumentrik Campuran Aspal

Proses pencampuran aspal beton menggunakan agregat, *filler*, dan aspal yang kemudian dicampur menjadi satu dan dipadatkan sehingga terikat satu sama lain. Kinerja campuran beraspal ditentukan oleh volumentrik campuran (padat) dan diuji menggunakan metode *marshall*. Volumentrik campuran aspal dipengaruhi oleh:

2.7.1 Berat Jenis

Berat jenis yang diuji yaitu:

1. Berat jenis *bulk* agregat

Berat jenis *bulk* adalah perbandingan antara berat agregat diudara (agregat kering) pada satuan volume dan suhu tertentu dengan berat air suling serta volume yang sama pada suhu tertentu pula. Karena agregat total terdiri dari atas fraksi - fraksi agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi yang masing-masing mempunyai berat jenis yang berbeda maka berat jenis *bulk* (*Gsb*) agregat total dirumuskan yang dapat dilihat pada Persamaan 2.1.

$$Gsb = \frac{P1 + P2 + P3 + \dots Pn}{\frac{P1}{Gsb1} + \frac{P2}{Gsb2} + \frac{P3}{Gsb3} + \dots \frac{Pn}{Gsbn}} \quad (2.1)$$

Keterangan :

Gsb = Berat jenis *bulk*

$P_1, P_2 \dots P_n$ = Persentase masing-masing fraksi agregat

$G_{sb1}, G_{sb2} \dots G_{sbn}$ = Berat jenis *bulk* masing-masing fraksi agregat

2. Berat jenis efektif agregat

Berat jenis efektif adalah perbandingan antar agregat diudara (tidak termasuk rongga yang menyerap aspal) pada satuan volume dan suhu tertentu dengan berat air destilasi dengan volume yang sama dan suhu tertentu pula. Berat jenis efektif agregat (G_{se}) dapat dinyatakan dengan rumus yang dapat dilihat pada Persamaan 2.2

$$G_{se} = \frac{P_{mm} - P_b}{\frac{P_{mm}}{G_{mm}} - \frac{P_b}{G_{sb}}} \quad (2.2)$$

Keterangan:

G_{se} = Berat jenis efektif agregat

P_{mm} = Persentase berat total campuran(100%)

G_{mm} = Berat jenis maksimum campuran

P_b = Kadar aspal berdasarkan berat jenis maksimum (%)

G_b = Berat jenis aspal

3. Berat jenis maksimum campuran

Berat jenis maksimum campuran (G_{mm}) pada masing-masing kadar aspal diperlukan untuk menghitung kadar rongga masing-masing kadar aspal. Berat jenis maksimum campuran secara teoritis dirumuskan yang dapat dilihat pada Persamaan 2.3.

$$G_{mm} = \frac{P_{mm}}{\frac{P_{mm}}{G_{mm}} + \frac{P_b}{G_b}} \quad (2.3)$$

Keterangan :

G_{mm} = Berat jenis maksimum campuran

P_{mm} = Persentase berat total campuran (100%)

P_b = Kadar aspal berdasarkan berat jenis maksimum (%)

P_s = Kadar agregat persen terhadap berat total campuran

G_{se} = Berat jenis efektif agregat

G_b = Berat jenis aspal

2.7.2 Penyerapan Aspal

Penyerapan aspal dinyatakan dalam persen terhadap berat agregat total tidak terhadap campuran yang dinyatakan dalam rumus yang dapat dilihat pada Persamaan 2.4.

$$P_{ba} = 100 \times \frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{sb} \times G_{se}} \times G_b \quad (2.4)$$

Keterangan:

P_{ba} = Penyerapan aspal, persen total agregat

G_{sb} = Berat jenis *bulk* agregat

G_{se} = Berat jenis efektif agregat

G_b = Berat jenis aspal

2.7.3 Kadar Aspal Rencana

Kadar aspal rencana merupakan perkiraan awal kadar aspal optimum dapat direncanakan setelah dilakukan pemilihan dan penggabungan pada tiga fraksi agregat. Penentuan kadar aspal rencana dapat dilihat pada persamaan 2.5.

$$P_b = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%FF) + K \quad (2.5)$$

Keterangan:

P_b = Perkiraan kadar aspal optimum

CA = Nilai presentase agregat kasar (tertahan saringan 2.36 mm)

FA = Nilai presentase agregat halus (lolos saringan 2.36 mm)

FF = Nilai presentase *filler*

K = Konstanta (0,5-1,0)

2.7.4 Rongga di antara Mineral Agregat (VMA)

Rongga di antara mineral agregat atau *void mineral aggregate* (VMA) adalah rongga udara yang ada di antara partikel agregat dalam campuran aspal yang telah dipadatkan. VMA dihitung berdasarkan berat jenis *bulk* agregat yang dinyatakan sebagai persen volume *bulk* campuran yang dipadatkan. VMA dapat dihitung terhadap campuran total atau terhadap berat agregat total. Persamaan untuk VMA dapat dilihat pada persamaan 2.6 dan 2.7.

1. Terhadap berat campuran total

$$VMA = 100 \times \frac{G_{mb} - P_s}{G_{sb}} \quad (2.6)$$

2. Terhadap berat agregat total

$$VMA = 100 \times \frac{G_{mb} \times 100}{G_{sb} \times (100 + P_b)} \times 100 \quad (2.7)$$

Keterangan:

VMA = Rongga diantara mineral agregat, persen volume *bulk*

Gsb = Berat jenis *bulk* agregat

Gmb = Berat jenis *bulk* campuran padat

Ps = Kadar agregat persen terhadap berat total campuran

Pb = Kadar aspal persen terhadap berat total campuran

2.7.5 Rongga Udara di dalam Campuran (VIM)

Rongga udara di dalam campuran atau *void in mix* yaitu besarnya rongga udara dalam suatu campuran aspal yang dinyatakan dalam persen. Nilai VIM yang terlalu tinggi maka menyebabkan berkurangnya keawetan dari lapis perkerasan karena rongga yang terlalu besar akan memudahkan air dan udara mudah masuk kedalam lapis perkerasan dan jika nilai VIM terlalu rendah akan mengalami *bleeding*. *Bleeding* disebabkan oleh penurunan rongga udara yang tidak diikuti oleh penurunan kadar aspal, jika penurunan rongga udara seiring dengan penurunan kadar aspal maka campuran tersebut mempunyai kemampuan menahan deformasi permanen sekaligus memberikan durabilitas yang baik. Rongga udara dalam persen dinyatakan dengan rumus yang dapat dilihat pada Persamaan 2.8.

$$VIM = 100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \quad (2.8)$$

Keterangan:

VIM = Rongga udara campuran, persen total campuran

Gmm = Berat jenis maksimum

Gmb = Berat jenis *bulk* campuran padat

2.7.6 Rongga Terisi Aspal (VFA)

Rongga terisi aspal atau disebut *void filled with asphalt* (VFA) adalah rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan yang dinyatakan dalam persen terhadap rongga antar butiran agregat (VMA), Faktor – faktor yang mempengaruhi VFA antara lain kadar aspal, gradasi agregat, energi pemadat (jumlah dan temperatur pemadatan), dan *absorpsi* agregat. Nilai VFA yang terlalu rendah menyebabkan campuran bersifat *porous* karena kedekatan campuran terhadap air berkurang karena sedikit rongga yang terisi aspal sedangkan nilai VFA yang terlalu tinggi menyebabkan aspal naik kepermukaan (*bleeding*). Untuk mendapatkan rongga terisi aspal dapat dinyatakan dengan rumus yang dapat dilihat pada Persamaan 2.9.

$$VFA = 100 \times \frac{(VMA - VIM)}{VMA} \quad (2.9)$$

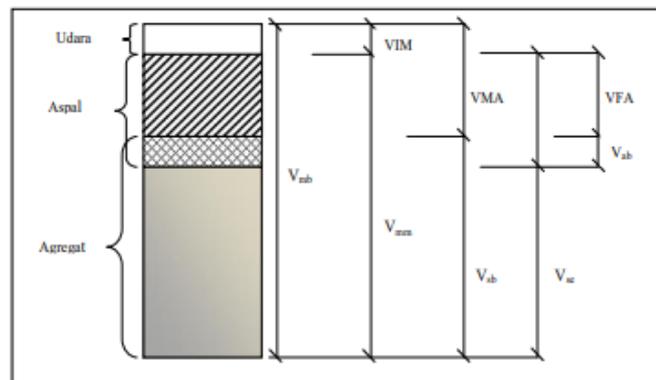
Keterangan:

VFA = Rongga terisi aspal

VMA = Rongga diantara mineral agregat

VIM = Rongga udara campuran, persen total campuran

Secara skematis campuran aspal beton yang telah dipadatkan dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8. Skematis Campuran Aspal Beton

Sumber: Sukirman 2003

Keterangan:

Vmb = Volume bulk dari campuran beton aspal padat.

Vsb = Volume agregat, adalah volume bulk dari agregat (volume bagian masif + pori yang ada di dalam masing-masing butir agregat).

Vse = Volume agregat, adalah volume aktif dari agregat (volume bagian masif

+ pori yang tidak terisi aspal di dalam masing- masing butir agregat).

VMA = Volume pori diantara butir agregat di dalam beton aspal padat.

Vmm = Volume tanpa pori dari beton aspal padat.

Va = Volume aspal dalam beton aspal padat.

VIM = Volume pori dalam beton aspal padat.

VFA = Volume pori beton aspal yang terisi oleh aspal.

Vab = Volume aspal yang terabsorpsi kedalam agregat dari beton aspal Padat

2.8 Metode Marshall

Metode *Marshall* merupakan salah satu metode pengujian pada perkerasan lentur yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari suatu perkerasan lentur.

2.8.1 Pengujian Marshall

Campuran aspal dapat diuji menggunakan metode *Marshall* yang ditemukan oleh *Bruce Marshall* yang bertujuan untuk mengukur daya tahan (stabilitas) campuran agregat dan aspal terhadap kelelahan plastis (*flow*). *Flow* didefinisikan sebagai perubahan deformasi atau regangan suatu campuran mulaid ari tanpa beban samapai beban maksimum.

Pada percobaan ini menggunakan benda uji *Marshall* standar berbentuk silinder berdiameter 4 inchi (10,16 cm) dan tinggi 2,76 inchi (7 cm). Benda uji didapatkan dari alat pemadat *Marshall* (*Marshall Compaction Hammer*) berupa penumbuk yang mempunyai permukaan rata berbentuk silinder dengan diameter 9,8 cm (3,86 inchi), berat 4,54 kg (10 lbs), dengan tinggi jatuh 45,7 cm (18 inchi) yang dibebani kecepatan tetap 50mm/menit. Menurut Spesifikasi Bina Marga 2010 untuk pemadatan campuran pada Laston AC-BC dilakukan sebanyak 75 kali tumbukan tiap sisi (atas bawah).

2.8.2 Karakteristik Marshall

Sifat – sifat dari campuran aspal dapat dilihat dari parameter – parameter pengujian *Marshall* yaitu:

1. Stabilitas

Menurut The Asphalt Institute, stabilitas adalah kemampuan campuran aspal untuk menahan deformasi akibat beban yang bekerja tanpa mengalami deformasi permanen seperti gelombang, alur ataupun bleeding yang

dinyatakan dalam satuan kg atau lb. Nilai stabilitas didapatkan dari pembacaan langsung pada jarum dial alat *Marshall* pada saat pengujian berlangsung. Jika nilai stabilitas yang didapat terlalu tinggi maka perkerasan terlalu kaku sehingga keawetannya berkurang.

2. Kelelehan (*Flow*)

Flow merupakan besarnya penurunan atau deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterimanya. Nilai *flow* juga didapatkan dari pembacaan dial alat *Marshall* pada saat pengujian. Suatu campuran yang memiliki kelelehan yang rendah akan lebih kaku dan cenderung untuk mengalami retak dini pada usia pelayanannya, sedangkan nilai kelelehan yang tinggi mengindikasikan campuran bersifat plastis.

3. *Marshall Quotient* (MQ)

Marshall Quotient merupakan nilai yang menunjukkan kekakuan dan fleksibilitas campuran. Nilai MQ yang terlalu tinggi maka semakin tinggi kekakuan suatu campuran sehingga campuran tersebut rentan terhadap keretakan, sedangkan semakin rendah nilai MQ maka campuran semakin lentur. Penentuan Nilai MQ dinyatakan dalam rumus yang dapat dilihat pada Persamaan 2.10.

$$MQ = \frac{S}{F} \quad (2.10)$$

Keterangan:

MQ = *Marshall Quotient* (kg/mm)

S = Nilai stabilitas terkoreksi (kg)

F = Nilai *flow* (mm)

4. Kepadatan (*Density*)

Kepadatan merupakan berat campuran yang diukur tiap satuan volume. Beberapa hal yang mempengaruhi kepadatan yaitu seperti kualitas bahan, jumlah tumbukan, kadar aspal, komposisi. Rumus kepadatan dapat dilihat pada Persamaan 2.11.

$$\text{Kepadatan (gr/cm}^3\text{)} = \frac{C}{d - e} \quad (2.11)$$

Keterangan:

C = berat benda uji sebelum direndam (gr)

d = berat benda uji jenuh air (gr)

e = volume benda uji di dalam air (cm)

5. *Void in Mineral Aggregate* (VMA)

Rongga antar agregat (VMA) adalah rongga udara yang ada di antara partikel agregat dalam campuran aspal yang telah dipadatkan.

6. *Void Filled with Asphalt* (VFA)

Rongga terisi aspal/ *Void Filled with Asphalt* (VFA) adalah rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan yang dinyatakan dalam persen terhadap rongga antar butiran agregat (VMA).

7. *Void in Mix* (VIM)

Rongga dalam campuran atau VIM yaitu rongga udara dalam suatu campuran aspal yang dinyatakan dalam persen.

2.9 Penelitian Terkait

Beberapa penelitian yang terkait dengan biji plastik pada perkerasan aspal yang telah dilakukan oleh para peneliti terdahulu dan dapat dijadikan acuan atau literature dalam penyusunan penelitian ini diantaranya adalah:

1. “Analisis Karakteristik Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC – WC) dengan Menggunakan Plastik Bekas Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Agregat” oleh Made Andy Dwi Gunadi 2013, pada penelitian ini plastik yang digunakan jenis HDPE dengan variasi 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% terhadap berat total agregat. Plastik yang digunakan adalah cacahan plastik yang dipotong lebih lanjut dengan alat potong manual hingga mencapai ukuran $\leq 4,75$ mm. Hasil dari pengujian *Marshall* pada kadar plastik 50% dan pemadatan 2 x 100 tumbukan didapat nilai stabilitas, *flow*, *Marshall Quotient*, VIM, VMA, dan VFB yaitu 1539,7 kg; 8,38 mm; 183,51 kg/mm; 8,8%; 16,6%; dan 47,2%.
2. “Pengaruh Penambahan Plastik *High Density Ethylene* pada Lapisan Perkerasan Aspal Beton AC – BC” oleh Rian Wanardi Eriyono dan Imam Hagni Puspito, pada penelitian ini digunakan biji plastik jenis HDPE dengan

variasi sebesar 3% dan 6% dari berat aspal rencana. Hasil pengujian *marshall* untuk variasi plastik 6% didapatkan VIM (3,71%), VMA (15,6%), VFB (76,28%), stabilitas (1408 kg), *flow* (3,71 mm), MQ (379,6 kg/mm).

3. “Pengaruh Penambahan Biji Plastik sebagai Pengganti Fraksi Halus Terhadap Kepadatan dan Stabilitas Campuran Aspal AC – BC” oleh Farlin Rosyad dan Diea Destha Sary. Pada penelitian digunakan biji plastik jenis *Polypropylene* dengan variasi sebesar 0%, 6%, 8%, dan 10% sebagai pengganti dari fraksi halus dalam campuran aspal AC – BC. Pengujian dilakukan dengan metode *marshall* dengan perendaman 30 menit dan 24 jam didapatkan nilai kepadatan tertinggi pada perendaman 30 menit dengan variasi biji plastik 10% yaitu 2,342 gr/cc dan stabilitas tertinggi pada perendaman 30 menit dengan variasi biji plastik 8% yaitu 1876,22 kg.
4. “Pemanfaatan Limbah Plastik HDPE sebagai Agregat Pengganti pada Campuran AC – BC” oleh Annisa Noor Tajudin dan Latif Budi Suparma 2014. Pada penelitian ini digunakan biji plastik jenis HDPE dengan persentase 0%, 25%, dan 50% terhadap volume agregat lolos saringan no 4 dan tertahan no 8. Hasil pengujian *marshall* menunjukkan bahwa biji limbah plastik HDPE dapat digunakan sebagai agregat pengganti karena memenuhi Spesifikasi Umum Direktorat Jendral Bina Marga Edisi 2010 Revisi 2 Divisi 6.
5. “Pengaruh Penggunaan Plastik *Polyethylene* (PE) dan *High Density Polyethylene* (HDPE) pada Campuran Lataston – WC Terhadap Karakteristik *Marshall* oleh Anita Rahmawati. Pada penelitian ini digunakan jenis plastik PE dan HDPE dengan variasi 0%, 2%, 4%, dan 6% terhadap berat aspal. Hasil pengujian *marshall* didapatkan nilai Stabilitas, *flow*, dan VFA cenderung naik untuk kadar aspal HDPE dan PE sedangkan VIM, VMA, dan MQ cenderung turun. Pengaruh plastik HDPE lebih baik dibandingkan dengan plastik PE.