

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Lapis Perkerasan jalan merupakan suatu lapisan yang letaknya di atas tanah dasar (*sub grade*) yang telah dipadatkan dan berfungsi untuk memikul beban lalu-lintas. Agar dapat memenuhi fungsi tersebut konstruksi jalan harus direncanakan dan dibangun sedemikian rupa sehingga mampu mengatasi pengaruh beban lalu-lintas maupun kondisi lingkungan. Berdasarkan bahan pengikatnya konstruksi perkerasan jalan terbagi menjadi :

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.
2. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*Portland cement*) sebagai bahan pengikatnya.
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.

Flexible pavement merupakan lapis perkerasan yang bersifat melentur, dengan struktur berlapis, bahan pengikat aspal dengan agregat halus dan kasar sebagai pengisi material. Keuntungan yang didapat dari penggunaan lapisan perkerasan jalan ini adalah sebagai berikut :

1. Bersifat ekonomis, karena berdasarkan penyebaran gaya luas tekanan yang dihasilkan kendaraan semakin ke bawah semakin besar, sehingga mutu beban perkerasan yang digunakan harus berdasarkan asumsi di atas, semakin ke bawah mutu material semakin rendah.
2. Aspal merupakan material perkerasan jalan yang memiliki sifat tahan tarik, sehingga tidak mudah retak atau pecah dan lentur.

2.2 Beton Aspal

Beton aspal adalah tipe campuran pada lapisan penutup konstruksi perkerasan jalan yang mempunyai nilai struktural dengan kualitas yang tinggi, terdiri atas agregat yang berkualitas yang dicampur dengan aspal sebagai bahan pengikatnya. Material-material pembentuk beton aspal dicampur di instalasi pencampur pada suhu tertentu, kemudian diangkut ke lokasi, dihamparkan, dan dipadatkan. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal apa yang akan digunakan.

Dalam pencampuran aspal harus dipanaskan untuk memperoleh tingkat kecairan (viskositas) yang tinggi agar didapat mutu campuran yang baik dan kemudahan dalam pelaksanaan. Pemilihan jenis aspal yang akan digunakan ditentukan atas dasar iklim, kepadatan lalu-lintas dan jenis konstruksi yang akan digunakan.

2.2.1 Jenis beton aspal

Menurut Silvia Sukirman, jenis beton aspal dapat dibedakan berdasarkan suhu pencampuran material pembentuk beton aspal, dan fungsi beton aspal. Berdasarkan temperatur ketika mencampur dan memadatkan campuran, campuran beraspal (beton aspal) dapat dibedakan atas :

1. Beton aspal campuran panas (*hot mix*) adalah beton aspal yang material pembentuknya dicampur pada suhu pencampuran sekitar 140°C.
2. Beton aspal campuran sedang (*warm mix*) adalah beton aspal yang material pembentuknya dicampur pada suhu pencampuran 60°C.
3. Beton aspal campuran dingin (*cold mix*) adalah beton aspal yang material pembentuknya dicampur pada suhu pencampuran sekitar 25°C.

Sedangkan berdasarkan fungsinya beton aspal dapat dibedakan atas :

1. Beton aspal untuk lapisan aus / *wearing course* (WC), adalah lapisan perkerasan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan, merupakan lapisan yang kedap air atau tahan terhadap cuaca dan mempunyai kekesatan yang disyaratkan.

2. Beton aspal untuk lapisan pondasi / *binder course (BC)*, adalah lapisan perkerasan yang terletak di bawah lapisan aus tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi perlu stabilisasi untuk memikul beban lalu-lintas yang dilimpahkan melalui roda kendaraan.
3. Beton aspal untuk pembentuk dan perata lapisan beton aspal yang sudah lama, yang pada umumnya sudah lama, yang pada umumnya sudah aus dan sering kali tidak lagi berbentuk *crown*.

2.2.2 Persyaratan perencanaan campuran aspal beton

Perencanaan campuran mencakup kegiatan pemilihan dan penentuan proporsi material untuk mencapai sifat-sifat akhir dari campuran aspal yang diinginkan. Tujuan dari perencanaan campuran aspal adalah untuk mendapatkan campuran efektif dari gradasi agregat dan aspal yang akan menghasilkan campuran aspal yang memiliki sifat-sifat campuran sebagai berikut :

1. Stabilitas adalah kemampuan campuran aspal untuk menahan deformasi permanen yang disebabkan oleh lalu-lintas, baik beban yang bersifat statis maupun dinamis sehingga campuran akan tidak mudah aus, bergelombang, melendut, bergeser dan lain-lain.
2. Fleksibilitas adalah kemampuan campuran aspal untuk menahan terhadap defleksi akibat beban lalu-lintas tanpa mengalami keretakan yang disebabkan oleh :
 - a. Beban yang berlangsung lama yang berakibat terjadinya kelelahan pada lapis pondasi atau pada tanah dasar yang disebabkan oleh pembebanan sebelumnya.
 - b. Lendutan berulang yang disebabkan oleh waktu pembebanan lalu-lintas yang berlangsung singkat.
 - c. Adanya perubahan volume campuran.
3. Durabilitas adalah kemampuan campuran aspal untuk mempertahankan kualitasnya dari disintegrasi atas unsur-unsur pembentuknya yang diakibatkan

oleh beban lalu-lintas dan pengaruh cuaca. Campuran aspal harus mampu bertahan terhadap perubahan yang disebabkan oleh :

- a. Proses penuaan pada aspal dimana aspal akan menjadi lebih keras. Hal ini disebabkan oleh pengaruh oksidasi dari udara dan proses penguapan yang berakibat akan menurunkan daya lekat dan kekenyalan aspal.
 - b. Pengaruh air yang menyebabkan kerusakan atau kehilangan kuat lekat antara aspal dan material lainnya.
4. *Impermeability* adalah campuran aspal harus bersifat kedap air untuk melindungi lapisan perkerasan di bawahnya dari kerusakan yang disebabkan oleh air yang akan mengakibatkan campuran menjadi kehilangan kekuatan dan kemampuan untuk menahan beban lalu-lintas.
 5. *Skid Resistance* adalah kekesatan lapisan permukaan yang akan berkaitan dengan kemampuan permukaan lapis perkerasan tersebut untuk melayani arus lalu-lintas kendaraan yang lewat di atasnya tanpa terjadi *skidding slipping* pada saat kondisi permukaan basah.
 6. Pemadatan adalah proses pemampatan yang memberikan volume terkecil, menggelincir rongga sehingga batas yang disyaratkan dan menambah kepadatan optimal. Mengingat efek yang timbul oleh pengaruh udara, air serta pembebanan oleh arus lalu-lintas apabila rongga dalam campuran tidak memenuhi syarat yang ditentukan. Hal ini harus dihindari supaya tidak terjadi penyimpangan.
 7. Temperatur pemadatan merupakan faktor penting yang mempengaruhi pemadatan, kepadatan hanya bisa terjadi pada saat aspal dalam keadaan cukup cair sehingga aspal tersebut dapat berfungsi sebagai pelumas. Jika aspal sudah dalam keadaan cukup dingin maka kepadatan akan sulit dicapai.
 8. *Workability* adalah campuran agregat aspal harus mudah dikerjakan saat pencampuran, penghamparan dan pemadatan untuk mencapai satuan berat jenis yang diinginkan tanpa mengalami suatu kesulitan sampai mencapai tingkat pemadatan yang diinginkan dengan peralatan yang memungkinkan.

2.2.3 Campuran beraspal panas

Campuran beraspal panas merupakan suatu campuran yang terdiri dari kombinasi agregat yang dicampur dengan aspal. Pencampuran dilakukan sedemikian rupa sehingga permukaan agregat terselimuti aspal dengan seragam. Untuk mengeringkan agregat dan memperoleh kekentalan aspal yang mencukupi dalam mencampur dan mengerjakannya, maka kedua-duanya dipanaskan pada temperatur tertentu. Umumnya suhu pencampuran dilakukan pada suhu 145°C - 155°C.

Saat ini di Indonesia terdapat berbagai macam bentuk aspal campuran panas yang digunakan untuk lapisan perkerasan jalan. Perbedaannya terletak pada jenis gradasi agregat dan kadar aspal yang digunakan. Pemilihan jenis beton aspal yang akan digunakan di suatu lokasi sangat ditentukan oleh jenis karakteristik beton aspal yang lebih diutamakan. Sebagai contoh, jika perkerasan direncanakan akan digunakan untuk melayani lalu-lintas berat, maka sifat stabilitas lebih diutamakan. Ini berarti jenis beton aspal yang paling sesuai adalah beton aspal yang memiliki agregat campuran bergradasi baik. Pemilihan jenis beton aspal ini mempunyai konsekuensi pori dalam campuran menjadi lebih sedikit, kadar aspal yang dapat dicampurkan juga berkurang, sehingga selimut aspal menjadi lebih tipis (Silvia Sukirman, 2003).

2.2.4 Lapis Aspal Beton (Laston)

Laston adalah lapis campuran terdiri atas lapis aus (*AC-WC*), lapis permukaan antara (*AC-BC*), lapis pondasi (*AC-Base*) dan ukuran masing-masing campuran adalah (*AC-WC*) 19 mm, (*AC-BC*) 25,4 mm dan (*AC-Base*) 37,5 mm (Spesifikasi Umum Divisi VI, Bina Marga, 2010).

Menurut spesifikasi umum divisi VI, bina marga, 2010. Berikut toleransi tebal untuk lapisan campuran laston :

1. Lapis aus atau *AC-WC* tidak kurang dari 3,0 mm.
2. Lapis antara atau *AC-BC* tidak kurang dari 4,0 mm.
3. Lapis pondasi atau *AC-Base* tidak kurang dari 5,0 mm.

Berdasarkan spesifikasi umum divisi VI, bina marga, 2010. Tebal nominal minimum campuran beraspal laston sebagai berikut :

1. Lapis aus AC-WC adalah 4,0 cm.
2. Lapis antara AC-BC adalah 6,0 cm.
3. Lapis pondasi AC-Base adalah 7,5 cm.

Tabel 2.1 Tebal Nominal Minimum Campuran Beraspal

Jenis campuran		Simbol	Tebal nominal minimum (cm)
Latasir Kelas A		SS-A	1,5
Latasir Kelas B		SS-B	2
Lataston	Lapis aus	HRS-WC	3
	Lapis pondasi	HRS-Base	3,5
Laston	Lapis aus	AC-WC	4
	Lapis Antara	AC-BC	6
	Lapis pondasi	AC-Base	7,5

(Sumber : Spesifikasi Umum Divisi VI Bina Marga, 2010)

Sedangkan sifat-sifat dari laston antara lain :

1. Kedap air
2. Tahan terhadap keausan akibat lalu lintas
3. Mempunyai nilai struktural
4. Mempunyai stabilitas tinggi
5. Peka terhadap penyimpangan perencanaan pelaksanaan

Tabel 2.2 Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston

Sifat-sifat campuran		Laston					
		Lapis Aus		Lapis Antara		Pondasi	
		Halus	Kasar	Halus	Kasar	Halus	Kasar
Kadar aspal efektif (%)		5,1	4,3	4,3	4	4	3,5
Penyerapan aspal (%)	Maks	1,2					
Jumlah tumbukan per bidang		75				112 ⁽¹⁾	
Rongga dalam campuran (%) ⁽²⁾	Min	3,5					
	Maks	5					
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	15		14		13	
Rongga terisi aspal (%)	Min	65		63		60	
Stabilitas Marshall (kg)	Min	800				1800 ⁽¹⁾	
	Maks	-				-	

Pelelehan (mm)	Min	3	4,5 ⁽¹⁾
Marshall Quotient (kg/mm)	Min	250	300

(Sumber : Spesifikasi Umum Divisi VI, Bina Marga, 2010)

2.3 Spesifikasi Bahan Perkerasan Laston

2.3.1 Agregat

Agregat adalah segala bahan pengisi atau yang dicampurkan dalam proses pembuatan aspal yang berasal dari batu yang mempunyai peranan penting terhadap kualitas aspal maupun harganya. Kadar agregat dalam campuran bahan perkerasan konstruksi jalan pada umumnya berkisar 90 – 95 % dari berat total (Silvia Sukirman, 2003).

Bina marga telah mengeluarkan spesifikasi agregat kasar yang dapat digunakan sebagai bahan pekerasan, hal ini merupakan adaptasi dari standar yang dikeluarkan AASHTO dan BSI. Kriteria utama sebagai syarat agregat kasar adalah :

1. Daya tahan terhadap abrasi maksimal sebesar 40 %.
2. Sifat kelekatan terhadap aspal minimal 95 %
3. Selain itu Bina Marga telah menetapkan nilai indeks kepipihan < 25%

Dalam menentukan agregat mana yang akan dipilih, maka kita harus mengetahui jenis-jenis agregat tersebut, yaitu :

1. Agregat berdasarkan proses terjadinya

Berdasarkan proses terjadinya agregat dapat dibedakan atas agregat beku (*igneous rock*), agregat sedimen (*sedimentary rock*) dan agregat metamorfik (*metamorphic rock*).

- a. Agregat beku (*igneous rock*) adalah agregat yang berasal dari magma yang mendingin dan membeku. Agregat beku luar dibentuk dari magma yang keluar ke permukaan bumi disaat gunung berapi meletus dan akibat pengaruh cuaca mengalami pendinginan dan membeku. Umumnya agregat beku luar berbutir halus. Agregat beku dalam dibentuk dari magma yang

tidak dapat keluar dari 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.

- b. 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.
- c. Agregat metamorfik (*metamorphic rock*) adalah agregat sedimen ataupun agregat beku yang mengalami proses perubahan bentuk akibat adanya perubahan tekanan dan temperatur kulit bumi (Silvia Sukirman, 2003).

2. Jenis Agregat Berdasarkan Pengolahannya

Berdasarkan pengolahannya agregat dapat dibedakan atas agregat siap pakai, dan agregat yang perlu diolah terlebih dahulu sebelum dipakai.

- a. Agregat siap pakai adalah agregat yang dapat digunakan sebagai material perkerasan jalan dengan bentuk dan ukuran sebagaimana diperoleh di lokasi asalnya, atau dengan sedikit proses pengolahan. Agregat ini terbentuk melalui proses erosi atau degradasi. Agregat siap pakai 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, adalah agregat yang diperoleh di bukit-bukit, di gunung-gunung ataupun di sungai-sungai. Agregat di gunung dan di bukit pada umumnya ditemui dalam bentuk masif, sehingga perlu dilakukan pemecahan dahulu supaya dapat diangkat ke mesin pemecah batu (*stone crusher*). Agar dapat digunakan sebagai material perkerasan jalan, agregat ini harus diolah dahulu secara manual, dengan mempergunakan tenaga manusia, atau melalui proses mekanis di mesin pemecah batu. (Silvia Sukirman, 2003).

3. Berdasarkan ukuran butiran

Pembagian agregat berdasarkan ukuran butiran yaitu :

a. Agregat kasar

Fraksi agregat kasar untuk agregat ini adalah agregat yang tertahan di atas saringan 2,36 mm (No.8) atau lebih besar dari saringan No.4 (4,75 mm) yang dilakukan secara basah dan harus bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan lainnya. Agregat kasar harus mempunyai ketahanan terhadap abrasi bila digunakan sebagai campuran WC (*wearing course*), untuk itu nilai *Los Angeles Abrasion Test* harus dipenuhi. Menurut Spesifikasi Umum Divisi 6, agregat kasar dalam campuran harus memenuhi ketentuan yang diberikan dalam tabel 2.3.

Tabel 2.3 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat		SNI 3470:2008	Maks. 12 %
Abrasi dengan mesin <i>Los Angeles</i>	Campuran AC bergradasi	SNI 2417:2008	Maks. 30 %
	Semua Campuran aspal bergradasi lainnya		Maks. 40 %
Kelekatan Agregat terhadap aspal		SNI	Maks. 90 %
<i>Angularitas</i> (kedalaman dari permukaan < 10 cm)		<i>DotT's Pennsylvania Test Method</i> , PTM No. 621	95/90*
<i>Angularitas</i> (kedalaman dari permukaan ≥ 10 cm)			80/75*
Partikel Pipih dan Lonjong		ASTM D4791 Perbandingan 1:5	Maks. 10 %
Material lolos ayakan No.200		SNI 03-4142-1996	Maks. 1 %

(Sumber : Spesifikasi Umum Divisi VI, Bina Marga, 2010)

b. Agregat halus

Menurut spesifikasi umum divisi 6, agregat halus adalah agregat hasil pemecah batu yang mempunyai sifat lolos saringan No. 8 (2,36 mm) atau agregat dengan ukuran butir lebih halus dari saringan No. 4 (4,75 mm).

Agregat halus yang digunakan dalam campuran AC dapat menggunakan pasir alam yang tidak melampaui 15 % terhadap berat total campuran. Fungsi utama agregat halus adalah untuk menyediakan stabilitas dan mengurangi deformasi permanen dari perkerasan melalui keadaan saling mengunci (*interlocking*) dan gesekan antar butiran. Batu pecah halus harus diperoleh dari batu yang memenuhi ketentuan mutu dalam tabel 2.4.

Tabel 2.4 Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min 50% untuk SS, HRS dan AC bergradasi Halus Min 70% untuk AC bergradasi kasar
Material Lolos Ayakan No. 200	SNI 03-4428-1997	Maks. 8%
Kadar Lempung	SNI 3423 : 2008	Maks 1%
Angularitas (kedalaman dari permukaan < 10 cm)	AASHTO TP-33 atau ASTM C1252-93	Min. 45
Angularitas (kedalaman dari permukaan $\geq$ 10 cm)		Min. 40

(Sumber : Spesifikasi Umum Divisi VI, Bina Marga, 2010)

c. Bahan pengisi *filler*

Menurut spesifikasi umum divisi 6, bina marga, 2010. Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bisa diuji dengan pengayakan sesuai dengan SNI 03-1968-1990 harus mengandung bahan yang lolos ayakan nomor 200 (75 *micron*) tidak kurang dari 75 % terhadap beratnya. Semua campuran beraspal harus mengandung bahan pengisi yang ditambahkan tidak kurang dari 1 % dan maksimum 2 % dari agregat.

4. Berdasarkan bentuk dan tekstur agregat

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

a. Bulat (*rounded*)

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

b. Lonjong (*elongated*)

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

c. Kubus (*cubical*)

Agregat berbentuk kubus pada umumnya merupakan agregat hasil pemecahan batu masif, atau hasil pemecahan mesin pemecah batu bidang rata sehingga memberikan *interlocking*/saling mengunci yang lebih besar. Dengan demikian kestabilan yang diperoleh lebih besar dan lebih tahan terhadap deformasi yang timbul. Agregat ini merupakan agregat yang terbaik untuk dipergunakan sebagai material perkerasan jalan.

d. Pipih (*flaky*)

Partikel agregat berbentuk pipih dapat merupakan hasil dari produksi dari mesin pemecah batu ataupun memang merupakan sifat dari agregat tersebut jika dipecahkan cenderung berbentuk pipih. Agregat pipih yaitu agregat yang ketebalannya lebih tipis dari 0,6 kali diameter rata-rata. Indeks kepipihan (*flakiness index*) adalah berat total agregat yang lolos slot dibagi berat total agregat yang tertahan slot pada ukuran nominal tertentu. Agregat berbentuk pipih mudah pecah pada waktu pencampuran, pemadatan, atau

pun akibat beban lalu-lintas, oleh karena itu banyaknya agregat pipih dibatasi dengan menggunakan nilai indeks kepipihan yang disyaratkan.

e. Tak beraturan (*irregular*)

Agregat berbentuk tak beraturan (*irregular*) adalah bentuk agregat yang tak mengikuti salah satu bentuk di atas. Gesekan yang timbul antar partikel menentukan juga stabilitas dan daya dukung dari lapisan perkerasan. Besarnya gesekan dipengaruhi oleh jenis permukaan agregat yang dapat dibedakan atas agregat yang permukaannya kasar (*rough*), agregat yang permukaannya halus (*smooth*), agregat yang permukaannya licin dan mengkilap (*glassy*), agregat permukaannya berpori (*porous*).

2.3.2 Pemeriksaan agregat

Agregat merupakan hasil produksi dari bahan-bahan alam, sehingga sifat-sifat agregat harus selalu diperiksa di laboratorium dan agregat yang memenuhi syarat-syarat yang telah ditetapkan.

Pemeriksaan agregat ini terdiri dari analisa saringan, berat jenis, penyerapan air, abrasi *los angeles*, berat jenis curah untuk *filler*.

1. Analisa saringan

Pemeriksaan atau pengujian ini bertujuan untuk membuat suatu distribusi ukuran agregat dalam bentuk grafik yang dapat memperlihatkan pembagian butir (gradasi) suatu agregat dengan menggunakan saringan.

Gradasi adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya. Ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui analisis saringan. Satu set saringan umumnya terdiri dari saringan berukuran 4 inci, 3½ inci, 3 inci, 2½ inci, 1½ inci, 1 inci, ¾ inci, ½ inci, ⅜ inci, No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100 dan No.200. Ukuran saringan dalam ukuran panjang menunjukkan ukuran bukaan, sedangkan nomor saringan menunjukkan banyaknya bukaan dalam 1 inci panjang. Prosedur pengujian ini didasarkan pada SK SNI M-08-1989-F atau AASHTO T 27-88 atau ASTM C 136-84a.

Tabel 2.5 Ukuran Buka-an Saringan

No.	Ukuran Saringan (inchi)	Bukaan (mm)
1.	1	25
2.	$\frac{3}{4}$	19
3.	$\frac{1}{2}$	12,5
4.	$\frac{3}{8}$ inchi	9,5
5.	No.4	4,75
6.	No.8	2,36
7.	No.16	1,18
8.	No.30	0,6
9.	No.50	0,3
10.	No.100	0,15
11.	No.200	0,075

(Sumber : Buku Besar Laboratorium Rekayasa Jalan Jursan Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung)

Gradasi agregat dapat dikelompokkan menjadi :

a. Agregat bergradasi baik

Agregat bergradasi baik adalah agregat yang ukuran butirnya terdistribusi merata dalam satu rentang ukuran butir. Campuran agregat bergradasi baik mempunyai pori sedikit, mudah dipadatkan dan mempunyai stabilitas tinggi. Tingkat stabilitas ditentukan dari ukuran butir agregat terbesar yang ada. Agregat bergradasi baik ini digunakan untuk LASTON (lapis aspal beton).

b. Agregat bergradasi buruk

Agregat bergradasi buruk tidak memenuhi persyaratan gradasi baik. Terdapat berbagai macam gradasi agregat yang dapat dikelompokkan ke dalam agregat bergradasi buruk, seperti :

1. Gradasi seragam (*uniform grade*)

Adalah agregat yang hanya terdiri dari butir-butir agregat berukuran sama atau hampir sama. Campuran agregat ini mempunyai pori antar butir yang cukup besar, sehingga sering dinamakan juga agregat bergradasi terbuka. Rentang distribusi ukuran butir yang ada pada agregat bergradasi seragam tersebar pada rentang yang sempit.

2. Agregat bergradasi terbuka

Agregat bergradasi terbuka adalah agregat yang distribusi ukuran butirnya sedemikian rupa sehingga pori-porinya tidak terisi dengan baik.

3. Agregat gradasi senjang (*gap graded*)

Merupakan campuran yang tidak memenuhi 2 kategori di atas. Agregat bergradasi buruk yang umum digunakan untuk lapisan perkerasan lentur merupakan campuran dengan 1 fraksi hilang atau 1 fraksi sedikit. Gradasi seperti ini disebut juga gradasi senjang. Gradasi senjang akan menghasilkan lapis perkerasan yang mutunya terletak antara kedua jenis di atas.

Titik-titik kontrol berfungsi sebagai batas rentang dimana suatu target gradasi harus lewat titik-titik tersebut diletakkan diukuran maksimum nominal dan dipertengahan saringan (2,36 mm) dan ukuran saringan terkecil (0,075 mm).

Tabel 2.6 Gradasi Agregat Gabungan untuk Campuran Aspal

Ukuran Ayakan (mm)	% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat dalam Campuran											
	Latasir (SS)		Lataston (HRS)				Laston (AC)					
			Gradasi Senjang ³		Gradasi Semi Senjang ²		Gradasi Halus			Gradasi Kasar ¹		
	Kelas A	Kelas B	WC	Base	WC	Base	WC	BC	Base	WC	BC	Base
37,5									100			100
25								100	90 - 100		100	90 - 100
19	100	100	100	100	100	100	100	90 - 100	73 - 90	100	90 - 100	73 - 90
12,5			90 - 100	90 - 100	87 - 100	90 - 100	90 - 100	74 - 90	61 - 79	90 - 100	71 - 90	55 - 76
9,5	90 - 100		75 - 85	65 - 90	55 - 88	55 - 70	72 - 90	64 - 82	47 - 67	72 - 90	58 - 80	45 - 66
4,75							54 - 69	47 - 64	39,5 - 50	43 - 63	37 - 56	28 - 39,5
2,36		75 - 100	50 - 72 ³	35 - 55 ³	50 - 62	32 - 44	39,1 - 53	34,6 - 49	30,8 - 37	28 - 39,1	23 - 34,6	19 - 26,8
1,18							31,6 - 40	28,3 - 38	24,1 - 28	19 - 25,6	15 - 22,3	12 - 18,1
0,600			35 - 60	15 - 35	20 - 45	15 - 35	23,1 - 30	20,7 - 28	17,6 - 22	13 - 19,1	10 - 16,7	7 - 13,6
0,300					15 - 35	5 - 35	15,5 - 22	13,7 - 20	11,4 - 16	9 - 15,5	7 - 13,7	5 - 11,4
0,150							9 - 15	4 - 13	4 - 10	6 - 13	5 - 11	4,5 - 9
0,075	10 - 15	8 - 13	6 - 10	2 - 9	6 - 10	4 - 8	4 - 10	4 - 8	3 - 6	4 - 10	4 - 8	3 - 7

(Sumber : Spesifikasi Umum Divisi VI, Bina Marga 2010)

2. Berat jenis dan penyerapan agregat

Pengukuran berat jenis agregat diperlukan untuk perencanaan campuran agregat dengan aspal, campuran ini berdasarkan perbandingan berat karena lebih teliti dibanding dengan perbandingan volume dan juga untuk menentukan banyak pori agregat. Berat jenis yang kecil akan mempunyai volume yang besar sehingga dengan berat yang sama akan membutuhkan aspal yang banyak. (Buku Besar Laboratorium Rekayasa Jalan Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung, 2001). Berat jenis terdiri dari 4 macam, yaitu :

a. Berat jenis curah (*bulk specific gravity*)

Berat jenis curah merupakan berat jenis yang diperhitungkan terhadap seluruh volume pori yang ada (volume pori yang dapat diresapi oleh aspal, volume pori yang tidak dapat diresapi oleh aspal, atau dapat dikatakan seluruh volume pori yang dilewati air dan volume partikel).

b. Berat jenis permukaan jenuh (*SSD specific gravity*)

Berat jenis permukaan jenuh (*SSD specific gravity*) merupakan berat jenis yang memperhitungkan volume pori yang hanya dapat diresapi oleh aspal ditambah dengan volume partikel.

c. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*)

Berat jenis ini merupakan berat jenis yang memperhitungkan volume partikel saja tanpa memperhitungkan volume pori yang dapat dilewati air.

d. Berat jenis efektif

Merupakan nilai tengah berat jenis curah dan semu, terbentuk dari campuran partikel kecuali pori-pori udara yang dapat menyerap aspal, yang selanjutnya akan terus diperhitungkan dalam perencanaan campuran agregat dengan aspal.

Nilai penyerapan adalah perbandingan perubahan berat agregat karena penyerapan air oleh pori-pori dengan berat agregat pada kondisi kering. Prosedur untuk pengujian berat jenis agregat kasar berdasarkan SK SNI M-098-1989-F atau ASTM C 127-84. Berikut metode perhitungan berat jenis dan nilai penyerapan agregat kasar :

$$\text{Berat Jenis Bulk} = \frac{Bk}{Bj - Ba} \dots\dots\dots 2.1$$

$$\text{Berat Jenis SSD} = \frac{Bj}{Bj - Ba} \dots\dots\dots 2.2$$

$$\text{Berat Jenis semu} = \frac{Bk}{Bk - Ba} \dots\dots\dots 2.3$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\% \dots\dots\dots 2.4$$

Keterangan :

Bk = Berat sampel kering oven (gram)

Bj = Berat sampel kering – permukaan jernih (gram)

Ba = Berat uji kering – permukaan jenuh di dalam air (gram)

Prosedur untuk pengujian berat jenis agregat halus berdasarkan SK SNI M-09-1989-F atau ASTM C 128-84. Berikut perhitungan berat jenis dan penyerapan agregat halus :

$$\text{Berat jenis bulk} = \frac{Bk}{(B + 500 - Bt)} \dots\dots\dots 2.5$$

$$\text{Berat jenis SSD} = \frac{500}{(B + 500 - Bt)} \dots\dots\dots 2.6$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{Bk}{(B + Bk - Bt)} \dots\dots\dots 2.7$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{(500 - Bk)}{Bk} \times 100\% \dots\dots\dots 2.8$$

Keterangan :

Bk = Berat sampel kering oven (gram)

B = Berat piknometer berisi air (gram)

Bt = Berat piknometer berisi benda uji dan air (gram)

500 = Berat benda uji dalam keadaan SSD (gram)

3. Abrasi *los angeles*

Prinsip pengujian *los angeles* adalah pengukuran perontokan agregat dari gradasi standar akibat kombinasi abrasi, tekanan, dan penggilasan di dalam drum baja. Ketika drum berputar, bilah baja yang terdapat di dalamnya

mengangkat sampel dan bola baja, membawanya berputar-putar sampai kembali jatuh sehingga mengakibatkan efek tumbuk-tekan atau *impact-crushing* pada sampel. Sampel tersebut kemudian berguling dengan mengalami aksi abrasi dan penggilasan sampai bilah baja kembali menekan dan membawanya berputar. Demikianlah siklus yang terjadi di dalam mesin *los angeles*. (Buku Besar Laboratorium Rekayasa Jalan Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung, 2001). Prosedur pengujian ini berdasarkan ASTM C 131 76 atau AASHTO T 96 – 87. Berikut perhitungan abrasi *los angeles* :

$$\text{Nilai keausan } los\ angeles = \frac{A-B}{A} \times 100\% \dots\dots\dots 2.9$$

Keterangan :

A = Berat sampel semula (gram)

B = Berat sampel yang tertahan / lebih besar dari 1,7 (gram)

2.3.3 Aspal

Aspal didefinisikan sebagai suatu cairan yang lekat atau berbentuk padat terdiri dari *hydrocarbon* atau turunannya, terlarut dalam *trichloro-ethylene* dan bersifat tidak mudah menguap serta lunak secara bertahap jika dipanaskan. Aspal berwarna coklat tua sampai hitam dan bersifat melekatkan, padat atau semi padat, dimana sifat aspal yang menonjol tersebut didapat di alam atau dengan penyulingan minyak.

Aspal terbuat dari minyak mentah melalui proses penyulingan atau dapat ditemukan dalam kandungan alam sebagai bagian dari komponen alam yang ditemukan bersama-sama material lainnya seperti pada cekungan bumi yang mengandung aspal.

AASHTO menyatakan bahwa jenis aspal keras ditandai dengan angka penetrasi aspal. Angka tersebut menyatakan tingkat kekerasan aspal atau tingkat konsistensi aspal. Semakin besar angka penetrasi aspal maka tingkat kekerasan aspal semakin rendah, sebaliknya semakin kecil angka penetrasi aspal maka tingkat kekerasan aspal semakin tinggi pula.

Terdapat bermacam-macam tingkat penetrasi aspal yang dapat digunakan dalam campuran agregat aspal, antara lain 40/50, 60/70, 80/100. Umumnya aspal yang digunakan di Indonesia adalah penetrasi 80/100 dan penetrasi 60/70.

Tabel 2.7 Persyaratan Aspal Keras Pen 60/70

No.	Sifat-sifat	Pen 60/70		Satuan
		Min.	Maks.	
1.	Penetrasi (25°C, 100gr, 5 detik)	60	79	0,1 mm
2.	Titik lembek (ring and ball test)	48	58	°C
3.	Titik nyala (<i>Cleveland open cup</i>)	200	-	°C
4.	Kehilangan berat (163°C, 5 jam)	-	0,8	% berat
5.	Kelarutan (C ₂ HCL ₃)	99	-	% berat
6.	Daktilitas (25°C, 5 cm/menit)	100	-	Cm
7.	Pen setelah kehilangan berat	54	-	% asli
8.	Daktilitas setelah kehilangan berat	50	-	Cm
9.	Berat jenis (25°C)	1	-	Gr/cm ³

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 1989 (SNI No. 1737-1989-F))

Aspal pada lapis perkerasan jalan berfungsi sebagai bahan ikat antar agregat untuk membentuk suatu campuran yang kompak, sehingga akan memberikan kekuatan yang lebih besar dan kekuatan agregat. Aspal yang digunakan pada penelitian ini merupakan hasil penyulingan minyak mentah produksi Pertamina.

Aspal merupakan material yang bersifat visco-elastis dan memiliki ciri yang beragam mulai dari yang bersifat lekat sampai yang bersifat elastis. Diantara sifat aspal lainnya adalah :

1. Aspal mempunyai sifat *Rheologic* (mekanis), yaitu hubungan antara tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) dipengaruhi oleh waktu. Apabila mengalami pembebanan dengan jangka waktu pembebanan yang sangat cepat, maka aspal akan bersifat elastis, tetapi jika pembebanannya terjadi dalam jangka waktu yang lambat, sifat aspal menjadi plastis (*viscous*).
2. Aspal adalah bahan yang Thermoplastis, yaitu konsistensinya atau viskositasnya akan berubah sesuai dengan perubahan temperatur yang terjadi. Semakin tinggi temperatur aspal, maka viskositasnya akan semakin rendah atau

semakin encer, demikian pula sebaliknya. Dari segi pelaksanaan lapis perkerasan, aspal dengan viskositas yang rendah akan menguntungkan karena aspal akan menyelimuti batuan dengan lebih baik dan merata. Namun pemanasan yang berlebihan terhadap aspal akan merusak molekul-molekul dari aspal, misalnya aspal menjadi getas dan rapuh.

3. Aspal mempunyai sifat *Thixotropy*, yaitu jika dibiarkan tanpa mengalami tegangan regangan akan berakibat aspal menjadi mengeras sesuai dengan jalannya waktu.

2.3.4 Jenis aspal

Berdasarkan tempat diperolehnya, aspal dibedakan atas aspal alam dan aspal minyak. Aspal alam yaitu aspal yang didapat disuatu tempat di alam, dan dapat digunakan sebagaimana diperolehnya atau dengan sedikit pengolahan. Aspal minyak adalah aspal yang merupakan residu pengilangan minyak bumi.

1. Aspal alam

Aspal alam ada yang diperoleh di gunung-gunung seperti aspal di Pulau Buton, dan ada juga yang diperoleh di danau-danau seperti di Trinidad. Aspal alam yang terbesar di dunia terdapat di Trinidad, berupa aspal danau (*Trinidad Lake Asphalt*). Indonesia memiliki aspal alam yaitu di Pulau Buton, yang berupa aspal gunung, terkenal dengan nama Asbuton (Aspal Batu Buton). Asbuton merupakan batu yang mengandung aspal.

2. Aspal minyak

Aspal minyak adalah aspal buatan yang merupakan residu destilasi minyak bumi. Setiap minyak bumi dapat menghasilkan residu jenis *asphaltic base crude oil* yang banyak mengandung aspal, *paraffin base crude oil* yang banyak mengandung *paraffin*, atau *mixed base crude oil* yang mengandung campuran antara *paraffin* dan aspal. Untuk perkerasan jalan umumnya digunakan aspal minyak jenis *asphaltic base crude oil*. Bensin (*gasoline*), minyak tanah (*kerosene*) dan solar (minyak diesel) merupakan hasil destilasi pada tempertur yang berbeda-beda, sedangkan aspal merupakan residunya. Residu aspal berbentuk padat, tetapi melalui pengolahan hasil residu ini dapat pula

berbentuk cair atau emulsi pada temperatur ruang, maka aspal dibedakan atas aspal keras, aspal cair dan aspal emulsi (Silvia Sukirman, 2003).

2.3.5 Sifat kimiawi aspal

Metode Rostler menentukan komponen fraksional aspal melalui daya larut aspal di dalam aspal belerang (*sulfuric acid*). Terdapat 5 komponen fraksional aspal berdasarkan daya reaksi kimiawinya di dalam aspal *sulfuric acid*, yaitu :

1. *Asphaltenes* (A)
2. *Nitrogen based* (N)
3. *Acidaffin I* (A_1)
4. *Acidaffin II* (A_2)
5. *Paraffins* (P)

2.3.6 Fungsi aspal

Aspal yang dipergunakan pada konstruksi perkerasan pada konstruksi perkerasan jalan berfungsi sebagai :

1. Bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat dan antara aspal itu sendiri.
2. Bahan pengisi, mengisi rongga antara butir-butir agregat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri.

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

1. Daya tahan (*durability*)

Daya tahan aspal adalah kemampuan aspal mempertahankan sifat asalnya akibat pengaruh cuaca selama masa pelayanan jalan. Sifat ini merupakan sifat dari campuran aspal, jadi tergantung dari sifat agregat, campuran dengan aspal, faktor pelaksanaan dan lain sebagainya. Meskipun demikian sifat ini dapat diperkirakan dari pemeriksaan *Thin Film Oven Test* (TOFT).

2. Adhesi dan Kohesi

Adhesi adalah kemampuan aspal untuk mengikat agregat sehingga dihasilkan ikatan yang baik antara agregat dengan aspal. Kohesi adalah kemampuan aspal untuk tetap di tempatnya setelah terjadi pengikatan.

3. Kepekaan terhadap temperatur

Aspal adalah material yang termoplastis, berarti akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau lebih cair jika temperatur bertambah. Sifat ini dinamakan kepekaan terhadap perubahan temperatur. Kepekaan terhadap temperatur dari setiap hasil produksi aspal berbeda-beda tergantung dari asalnya walaupun aspal tersebut mempunyai jenis yang sama.

4. Kekerasan aspal

Aspal pada proses pencampuran dipanaskan dan dicampur dengan agregat sehingga agregat dilapisi aspal atau aspal panas disiramkan ke permukaan agregat yang telah disiapkan pada proses pelaburan. Pada waktu proses pelaksanaan, terjadi oksidasi yang menyebabkan aspal menjadi getas (viskositas bertambah tinggi). Peristiwa perapuhan terus mengalami oksidasi dan polimerisasi yang besarnya dipengaruhi juga oleh ketebalan aspal yang menyelimuti agregat. Semakin tipis lapisan aspal, semakin besar tingkat kerapuhan yang terjadi (Silvia Sukirman, 2003).

2.3.7 Pengujian sifat karakteristik aspal

Aspal merupakan hasil produksi dari bahan-bahan alam, sehingga sifat-sifat aspal harus selalu diperiksa di laboratorium dan aspal yang memenuhi syarat-syarat yang telah ditetapkan dapat dipergunakan sebagai bahan pengikat perkerasan lentur.

Pemeriksaan yang dilakukan untuk aspal keras adalah sebagai berikut :

1. Penetrasi bahan bitumen (aspal)

Pemeriksaan ini bertujuan untuk memeriksa tingkat kekerasan aspal. Prosedur pengujian berdasarkan AASHTO T 49-1989 atau ASTM D 5-86. Dari sudut pandang rekayasa (*engineering*), ragam dari komposisi unsur penyusunan bahan bitumen biasanya tidak ditinjau lebih lanjut, untuk menggambarkan

karakteristik ragam respon material bahan bitumen tersebut diperkenalkan beberapa parameter, yang salah satunya adalah nilai penetrasi (PEN). Nilai ini menggambarkan kekerasan bahan bitumen pada suhu standar 25°C, yang diambil dari pengukuran kedalaman penetrasi jarum standar, dengan beban standar 50 gram/100 gram, dalam rentang waktu yang juga standar 5 detik. (Buku Besar Laboratorium Rekayasa Jalan Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung, 2001).

2. Titik lembek aspal

Pemeriksaan ini diciptakan karena pelembekan (*softening*) bahan-bahan aspal dan ter, tidak terjadi sekejap pada suhu tertentu tapi lebih merupakan perubahan gradual seiring penambahan suhu. Dalam percobaan ini titik lembek ditunjukkan dengan suhu pada saat bola baja berdiameter 9,53 mm seberat $\pm 3,5$ gram, mendesak turun suatu lapisan aspal atau ter yang tertahan di dalam cincin berukuran tertentu sehingga aspal tersebut menyentuh pelat dasar yang terletak pada tinggi tertentu sebagai akibat kecepatan pemanasan. Titik lembek aspal adalah 30° - 200°C, yang artinya masih ada nilai-nilai titik lembek yang hampir sama dengan suhu permukaan jalan pada umumnya. Untuk itu dilakukan usaha mempertinggi titik lembek ini antara lain dengan menggunakan *filler* terhadap campuran beraspal. Spesifikasi Bina Marga tentang titik lembek untuk aspal penetrasi 40 (*ring and ball test*) adalah minimum 51°C dan maksimum 63°C, sedangkan untuk penetrasi 60 adalah minimum 48°C dan maksimum 58°C. Untuk prosedur pengujian berdasarkan pada SK SNI M-20-1990-F (Buku Besar Laboratorium Rekayasa Jalan Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung, 2001).

3. Titik nyala dan titik bakar aspal dengan *Cleveland open cup*

Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar untuk aspal keras mengikuti prosedur SK SNI M-19-1990-F atau yang sejenisnya adalah AASHTO T 48-89: 1990 atau ASTM D 92-78. Titik nyala ditentukan sebagai suhu terendah dimana percikan api pertama kali terjadi sedangkan titik bakar ditentukan sebagai suhu dimana sampel terbakar (Buku Besar Laboratorium Rekayasa Jalan Jurusan

Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung, 2001). Titik nyala dan titik bakar aspal perlu diketahui karena :

- a. Sebagai indikasi temperatur pemanasan maksimum dimana masih dalam batas-batas aman pengerjaan.
- b. Agar karakteristik aspal tidak berubah (rusak) akibat dipanaskan melebihi temperatur titik bakar.

4. Daktilitas aspal

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui salah satu sifat mekanik aspal yaitu kekenyalan yang diwujudkan dalam bentuk kemampuannya untuk ditarik yang memenuhi jarak syarat tertentu (dalam keadaan ini adalah 100 cm) tanpa putus. Apabila bahan bitumen tidak putus setelah melewati jarak 100 cm, maka dianggap bahan ini mempunyai sifat daktilitas tinggi. Pemeriksaan ini dilakukan dengan cara mengukur jarak terpanjang yang dapat terbentuk dari bahan bitumen pada 2 cetakan kuningan akibat penarikan dengan mesin uji sebelum bahan bitumen itu putus. Pemeriksaan ini dilakukan pada suhu 25°C dan dengan kecepatan tarik mesin 5 cm per menit. Prosedur pengujian berdasarkan pada SK SNI M 18-1990-F yang mengadopsi dari AASHTO T 51-89 dan ASTM D 113-79. (Buku Besar Laboratorium Rekayasa Jalan Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung, 2001).

5. Berat jenis bitumen atau aspal

Berat jenis bitumen adalah perbandingan antara berat bitumen terhadap berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu, 25°C atau 15,6°C. Prosedur pengujian berdasarkan pada SK SNI M-30-1990-F, (Buku Besar Laboratorium Rekayasa Jalan Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung, 2001).

Berikut perhitungan berat jenis bitumen atau aspal :

$$BJ = \frac{(C-A)}{(B-A)-(D-C)} \times 100\% \dots\dots\dots 2.10$$

Keterangan :

- A = Berat piknometer dengan penutup
 B = Berat piknometer berisi air
 C = Berat piknometer berisi aspal

D = Berat piknometer berisi aspal dan air

BJ = Berat jenis aspal

6. Kehilangan berat akibat pemanasan

Pada pengujian ini, suatu sampel tipis dipanaskan dalam oven selama periode tertentu, dan karakteristik sampel yang telah dipanaskan akan diuji indikasinya apakah adanya proses pengerasan atau proses pelapukan dari material aspal tersebut. Besarnya penurunan berat, selisih nilai penetrasi sebelum dan sesudah pemanasan menunjukkan kepekaan aspal tersebut terhadap cuaca. Aspal setebal 3 mm dipanaskan sampai 163°C selama 5 jam di dalam oven yang dilengkapi dengan piring berdiameter 25 cm tergantung melalui poros vertikal dan dapat berputar dengan kecepatan 5-6 putaran/menit. Prosedur pengujian ini adalah SK SNI M-29-1990-F. (Buku Besar Laboratorium Rekayasa Jalan Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung, 2001).

2.4 Metoda Pengujian *Marshall Test*

Konsep dasar dari metoda Marshall dalam campuran aspal dikembangkan oleh *Bruce Marshall*, seorang insinyur bahan aspal bersama-sama dengan *The Mississippi State Highway Department*. Kemudian *The U.S. Army Corp of Engineers*, melanjutkan penelitian dengan intensif dan mempelajari hal-hal yang ada kaitannya, selanjutnya meningkatkan dan menambah kelengkapan pada prosedur pengujian Marshall dan pada akhirnya mengembangkan kriteria rancangan campuran pengujiannya, kemudian distandarisasikan di dalam *American Society for Testing and Material 1989 (ASTM D-1559)*.

Dua parameter penting yang ditentukan dalam pengujian tersebut, seperti beban maksimum yang dapat dipikul benda uji sebelum hancur atau *Marshall Stability* dan deformasi permanen dari sampel sebelum hancur, yang disebut *Marshall Flow*, serta turunan dari keduanya yang merupakan perbandingan antara *Marshall Stability* dengan *Marshall Flow* yang disebut dengan *Marshall Quotient*, yang merupakan nilai kekakuan berkembang (*pseudo stiffness*), yang menunjukkan ketahanan campuran beraspal terhadap deformasi permanen.

Pada sebagian besar agregat, daya ikat terhadap air jauh lebih besar jika dibandingkan terhadap aspal, karena air memiliki *wetting power* yang jauh lebih besar dari aspal. Keberadaan debu yang berlebihan pada agregat juga akan berakibat kegagalan pengikatan ataupun berakibat munculnya potensi kehilangan daya ikat campuran beraspal.

Uji perendaman Marshall (*Marshall Immersion Test*) merupakan uji lanjutan dari uji Marshall sebelumnya, dengan maksud mengukur ketahanan daya ikat/adhesi campuran beraspal terhadap pengaruh air dan suhu (*water sensitivity and temperature susceptibility*). Ada beberapa cara yang digunakan untuk menilai tingkat durabilitas campuran beraspal, salah satunya adalah dengan mencari Indeks Stabilitas Sisa (ISS)/ *Marshall Retained Strength Index* atau dengan cara lain yaitu dengan menghitung Indeks Penurunan Stabilitas. Perbedaan keduanya adalah dasar perbandingan dari variasi lamanya perendaman dalam alat *waterbath*. Prosedur pengujian durabilitas mengikuti rujukan SNI M-58-2990.

2.5 Analisa Perhitungan Hasil Penelitian Campuran Aspal

2.5.1 Rongga udara (*air voids*)

1. Rongga udara dalam campuran (V_a) dan VIM

Rongga udara dalam campuran (V_a) atau VIM dalam campuran beraspal terdiri atas ruang udara di antara partikel agregat yang terselimuti aspal. Volume udara dalam campuran beraspal dapat ditentukan dengan persamaan rongga udara dalam campuran (*Void In The Mixture/ VIM*) seperti pada persamaan (2.11)

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

Keterangan :

VIM = *Void in the mix* (persen rongga dalam campuran)

G_{mb} = Berat jenis *bulk* dari campuran

G_{mm} = Berat jenis teoritis maksimal dari campuran padat tanpa rongga udara.

2. Rongga udara antar mineral agregat (*Void in the Mineral Agregat/ VMA*)

Rongga udara antar mineral agregat (VMA) merupakan ruang rongga diantara partikel agregat pada campuran beraspal, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang terserap agregat). VMA direncanakan berdasarkan berat jenis *bulk* (G_b) agregat dan dinyatakan sebagai persen volume *bulk* campuran beraspal. Persamaan VMA terhadap campuran beraspal, seperti persamaan (2.12), di bawah ini :

$$VMA = 100 - [(100 - Pb) \times \frac{G_{mb}}{G_{sb}}] \dots\dots\dots 2.12$$

Keterangan :

VMA = *Void in the Mineral Agregat* Rongga udara antar mineral agregat

G_{mb} = Berat jenis *bulk* dari campuran

G_{sb} = Berat jenis *bulk* total agregat dalam gr / cc

3. Rongga udara yang terisi aspal (*Voids Filled with Asphalt/ VFA*)

Rongga udara yang terisi aspal (VFA) adalah persen rongga yang terdapat di antara partikel agregat yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang terserap oleh agregat. Persamaan VFA terhadap campuran beraspal, seperti persamaan (2.13) di bawah ini :

$$VFA = 100 \times \frac{(VMA - VIM)}{V_{ma}} \dots\dots\dots 2.13$$

Keterangan :

VFA = *Voids Filled with Asphalt* (rongga udara yang terisi aspal)

VMA = *Void in the Mineral Agregat* (rongga udara antar mineral agregat)

VIM = *Void in the mix* (persen rongga dalam campuran)

2.5.2 Stabilitas dan *Flow*

Pada pengujian nilai stabilitas dan *flow* ini menggunakan alat digital. Pengujian menggunakan alat digital dilakukan dengan meletakkan benda uji pada dudukannya dan letakkan pada mesin penguji. Sebelum diberikan pembebanan,

atur pengunci sehingga menyentuh ujung jarum yang terdapat pada mesin penguji. Nilai stabilitas yang terdapat pada layar mesin penguji masih dalam satuan kilonewton (kn) sehingga perlu dikonversikan ke kilogram (kg) terlebih dahulu, sedangkan untuk *flow* satuannya langsung dalam mm.

2.5.3 *Marshall quotient* dan indeks stabilitas sisa (ISS)

1. *Marshall quotient* (MQ), merupakan hasil bagi dari stabilitas dibagi *flow*, yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.14) seperti di bawah ini :

$$MQ = \frac{MS}{MF} \dots\dots\dots 2.14$$

Keterangan :

MQ = *Marshall quotient*

MS = Stabilitas *marshall*

MF = *Marshall flow* (kelelehan)

Selanjutnya dilakukan uji rendaman marshall selama 24 jam dalam suhu 60°C untuk mendapatkan nilai indeks stabilitas sisa.

2. Indeks stabilitas sisa marshall (ISS)

$$ISS = \left(\frac{MSI}{MSS} \right) \times 100\% \dots\dots\dots 2.15$$

Keterangan :

ISS = Indeks stabilitas sisa

MSI = Stabilitas *marshall* kondisi setengah direndam selama 24 jam dengan suhu 60°C

MSS = Stabilitas *marshall* kondisi standar

2.6 Bahan Anti Pengelupasan

Bahan anti pengelupasan memiliki 2 (dua) fungsi utama yaitu bersifat aktif dan pasif. Adhesi aktif merupakan perpindahan air di agregat selama tahap pencampuran awal konstruksi *hotmix*. Ketika agregat ditambahkan ke drum pengering, kelembaban dapat mencegah residu aspal dari lapisan agregat. Fungsi

aktif anti pengelupasan ini sebagai pengubah tegangan permukaan dan memindahkan air dari permukaan agregat. Bahan anti pengelupasan juga berkerja sebagai adhesi pasif yaitu pengatur penyimpanan air yang merembes antara agregat dan aspal setelah jalan telah dibangun. Dalam fungsinya, bahan anti pengelupasan bertindak sebagai penghubung antara agregat dan aspal. Tanpa anti pengelupasan, air bisa merembes ke dalam agregat dan melepas ikatan aspal.

Bahan anti pengelupasan cair adalah senyawa kimia yang mengandung amino. Kebanyakan bahan anti pengelupasan mengurangi tegangan permukaan antara aspal dan agregat dalam campuran. Ketika tegangan permukaan berkurang, adhesi meningkat dari aspal untuk agregat dipromosikan. Metode ekonomis pencampuran bahan anti pengelupasan cair dengan aspal adalah dengan memanaskan aspal sampai berbentuk cair. Namun, metode yang lebih sukses dari penambahan bahan anti pengelupasan cair adalah dengan menerapkan secara langsung untuk agregat sebelum penambahan pengikat. Penambahan bahan anti pengelupasan juga sangat berpengaruh terhadap nilai karakteristik Marshall seperti :

- a. Kepadatan/*Density*.
- b. Rongga antar agregat/*Voids Mineral Agregat (VMA)*.
- c. Rongga udara/*Void In Mix (VIM)*.
- d. Rongga terisi aspal/*Void Filled with Bitumen (VFB)*.
- e. Stabilitas/*Stability*.
- f. Kelelehan plastis/*Flow*.
- g. Hasil bagi marshall/*Marshall Quotient (MQ)*.

Keuntungan dari penambahan *Anti Stripping Agent* atau bahan anti pengelupasan adalah meningkatkan pelapisan aspal dengan agregat walau dalam keadaan basah, meningkatkan ikatan atau *bonding* dan anti penuaan, memperpanjang umur jalan 3-4 tahun. Namun kekurangannya yaitu harganya yang masih relatif mahal. Pada Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010, bahan anti pengelupasan (*Anti Stripping Agent*) harus ditambahkan dalam bentuk cairan kedalam campuran agregat dengan menggunakan pompa penakar (*dozing pump*)

pada saat proses pencampuran basah di *pugmill*. Kuantitas pemakaian bahan anti pengelupasan dalam rentang 0,1% - 0,3% terhadap berat aspal. *Anti stripping* harus digunakan untuk semua jenis aspal tetapi tidak boleh digunakan pada aspal modifikasi yang bermuatan positif.

Adapun bahan anti pengelupasan yang digunakan pada penulisan ini adalah *Derbo-101* yaitu bahan anti pengelupasan yang berbentuk cairan. *Derbo-101* ini memiliki beberapa kegunaan, antara lain :

1. Memperpanjang waktu pelapisan ulang *hotmix*.
2. Biaya perawatan yang lebih rendah.
3. Memungkinkan seleksi jenis agregat yang lebih luas.
4. Meminimalkan kerusakan oleh air.

Menurut Kurnia, dkk; 2014, hasil penelitian menggunakan anti pengelupasan *Wetfix-be* pada campuran *Asphalt Concrete Binder Coarse (AC-BC)* dengan persentase 0,2 % terhadap kadar aspal optimum mengalami peningkatan pada beberapa nilai karakteristik Marshall. Hal ini jika dilihat dari karakteristik Marshall untuk campuran *AC-BC* yang menggunakan bahan anti pengelupasan *Wetfix-be* memiliki *durability* atau daya tahan yang lebih kuat sehingga mampu menahan keausan akibat pengaruh cuaca maupun gesekan roda kendaraan walaupun dengan volume lalu-lintas yang tinggi.

Berdasarkan divisi 6, spesifikasi umum perkerasan aspal 2010, bahwa aditif kelekatan dan anti pengelupasan (*anti stripping agent*) ditambahkan sebanyak 0,2% - 0,3 % terhadap berat aspal.

Menurut Theresia, dkk; 2010, yang telah melakukan penelitian menggunakan *Wetfix-be* dan *Derbo-401 UN 2735* pada aspal beton (*AC-WC*) dengan variasi 0,2; 0,25; 0,3; 0,35 dan 0,4 % dari nilai *retained stability* yang lebih tinggi. Pengujian yang dilakukan dimulai dengan pengujian aspal dengan variasi penambahan kedua jenis zat aditif tersebut, kemudian dilakukan pengujian terhadap *AC-WC* dengan penambahan dan tanpa penambahan *anti stripping agent*. Pengujian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja dari penggunaan kedua jenis zat aditif tersebut. Dari pengujian, diperoleh hasil yang seluruhnya memenuhi Spesifikasi Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum 2006. Hasil

pengujian menunjukkan bahwa dengan penambahan *Derbo-401 UN 2735* meningkatkan nilai *retained stability* yang lebih tinggi dibandingkan dengan penambahan *Wetfix-be*.

Berdasarkan hasil penelitian Afianti, dkk; 2013, bahwa dengan menggunakan *anti stripping Wetfix-be; Derbo-401; dan Morlife 2200* sebanyak 0,2 – 0,5 % dari kadar aspal. Pengujian yang dilakukan dimulai dengan pengujian aspal, kemudian dilakukan pengujian AC-WC dengan penambahan ketiga jenis *anti stripping agent*. Tujuannya untuk membandingkan kinerja dari penggunaan ketiga jenis zat aditif tersebut. Dari pengujian ini diperoleh hasil yang seluruhnya memenuhi Spesifikasi Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum 2010. Ketiga aditif akan menunjukkan pengaruh apa saja yang diakibatkan dalam suatu campuran beraspal panas melalui nilai-nilai parameter yang telah ditentukan dalam pengujian Marshall di laboratorium yaitu VIM, VMA, VFB, kelelahan, kepadatan, stabilitas Marshall dan stabilitas Marshall sisa. Hasil penelitian menunjukkan dengan penambahan *Wetfix-be* meningkatkan nilai stabilitas Marshall sisa yang lebih tinggi dibandingkan dengan penambahan *Derbo-401* dan *Morlife 2200*.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, adapun jenis-jenis *antistripping agent* yang telah diuji antara lain :

1. *Wetfix-be*
2. *Derbo-401 UN 2735*
3. *Morlife 2200*

2.7 Teknik Pengumpulan Data

Pada penelitian ini penulis menggunakan dua macam data yaitu data primer, data yang didapat dari hasil penelitian di laboratorium dan data sekunder. data yang didapat dari jurnal ataupun penelitian-penelitian terdahulu.

Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah :

1. Data primer (data laboratorium)

Data primer berupa data laboratorium yang diperoleh dari hasil pengukuran fisik, percobaan laboratorium, dan observasi laboratorium dari beberapa hasil pengujian benda uji. Berikut adalah jenis data dan standarnya :

a. Pemeriksaan bahan

Pemeriksaan bahan yang dilaksanakan pada penelitian ini meliputi pemeriksaan terhadap agregat kasar, agregat halus, filler dan aspal. Tujuan pemeriksaan ini adalah untuk mengetahui apakah bahan yang akan digunakan untuk campuran aspal beton telah memenuhi syarat dan standar yang ditetapkan. Spesifikasi yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari Standar Nasional Indonesia (SNI) dan *AASHTO*.

b. Perencanaan campuran aspal beton

Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal beton yang digunakan pada penelitian ini sesuai dengan syarat dan ketentuan pada spesifikasi umum divisi 6 tahun 2010 yang dikeluarkan Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga seperti terlihat pada tabel 3.1

2. Data sekunder

Data sekunder berupa data yang berasal dari sumber kedua atau dokumentasi lembaga, yaitu data yang dipublikasikan seperti jurnal-jurnal penelitian serupa yang terdahulu dan sumber data sekunder yang tak dipublikasikan seperti data-data dari lembaga pemerintah pekerjaan umum dan lembaga-lembaga penelitian. Data sekunder yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini meliputi jurnal-jurnal penelitian terdahulu :

- a. Analisis Penggunaan Bahan Anti Pengelupasan *Wetfix-be* pada Campuran *Asphalt Concrete Binder Coarse (AC-BC)* pada Jurnal Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat oleh Kurnia Putra Agustria, Buyung Oktorizal dan Awaluddin.

- b. Pengaruh Penggunaan Variasi *Anti Stripping Agent* terhadap Karakteristik Beton Aspal Lapis Aus (*AC-WC*) pada Jurnal Departemen Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara oleh Afrianti Hartini Sembiring dan Zulkarnain A Muis tahun 2013.
- c. Perbandingan Kinerja *Anti Stripping Agent Wetfix-be* dengan *Derbo-401 UN 2735* pada *AC-WC* yang Menggunakan Agregat dari Patumbak pada Jurnal Departemen Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara oleh Theresia Marisa Prima Simatupang dan Zulkarnain Abdul Muis tahun 2010.
- d. Metode pengujian mengacu pada Standar-Standar Nasional Indonesia (SNI).