

BAB 2 LANDASAN TEORI

2.1 Perkerasan Jalan

2.1.1 Pengertian Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah proses pengaplikasian lapisan pada permukaan tanah dasar dengan menggunakan campuran beragam agregat dan bahan perekat yang memiliki nilai elastisitas. Dengan komposisi yang spesifik, perkerasan jalan dapat menghasilkan kekuatan yang diperlukan sebagai pendukung beban kendaraan yang melintas di atasnya (Muhammad, 2019). Dalam buku yang berjudul *Rekayasa Jalan Raya-2* yang ditulis oleh Andi Tenrissuki Tenrianjeng, menyatakan bahwa perkerasan jalan adalah campuran antar agregat dengan pengikat yang digunakan untuk memenuhi kapasitas beban lalu lintas. Agregat yang dipakai antara lain: batu pecah, batu belah, batu kali, hasil samping peleburan baja. Bahan ikat yang digunakan antara lain: aspal, semen, tanah liat (Tenrianjeng, 2012). Struktur perkerasan merupakan gabungan dari komposisi bahan, yang masing-masing berbeda elastisitasnya (Vinet & Zhedanov, 2011).

2.1.2 Macam-macam Perkerasan Jalan

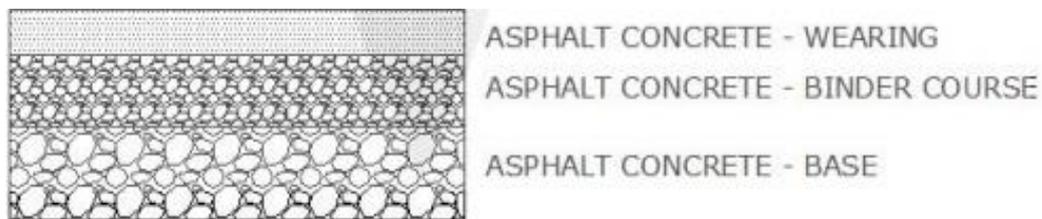
Menurut Silva Sukirman berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan atas:

1. Konstruksi perkerasan lentur (*Flexible Pavement*) Perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Lapisan perkerasan bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
2. Konstruksi perkerasan kaku (*Rigit Pavement*) Perkerasan yang menggunakan semen (*Portland Cement*) sebagai bahan pengikatnya. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasat dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton.
3. Konstruksi perkerasan komposit (*Composite Pavement*) Perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur di atas perkerasan kaku atau perkerasan kaku di atas perkerasan lentur (Sukirman, 1999).

2.2 Lapisan Aspal Beton

2.2.1 Pengertian Lapisan Aspal Beton

Lapisan Aspal Beton (Laston) adalah lapisan jalan raya yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus, dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu (SNI No: 1737-1989-F, 1989). Sedangkan menurut Imanurrohman tahun 2021 Lapis aspal beton adalah campuran yang terdiri dari atas agregat yang mempunyai gradasi menerus dengan aspal keras, dicampur, dihamparkan, dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu yang umum digunakan pada lalu-lintas berat (Imannurrohman, 2021).



Gambar 2. 1 Struktur Lapisan Aspal Beton (Laston)

(Sumber : Dan & Darah, 2019)

2.2.2 Spesifikasi Lapisan Aspal Beton

Lapisan Aspal Beton (Laston) yang selanjutnya disebut AC, terdiri dari tiga jenis campuran, AC Lapisan Aus (AC-WC), AC Lapisan Antara (*AC-Binder Crouse*, AC-BC), dan AC Lapisan Pondasi (*AC-Base*) dan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19mm, 25.4mm, 37.5mm. Setiap jenis campuran AC yang mengandung bahan aspal polymer atau aspal dimodifikasi dengan aspal alam disebut masing-masing sebagai *AC-WC Modified*, *AC-BC Modified*, dan *AC-Base Modified* (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018).

Adapun tebal nominal minimum beserta dengan simbol untuk masing-masing lapisan beraspal telah ditentukan dan tercantum pada tabel :

Tabel 2. 1 Spesifikasi Lapisan Aspal Beton

Jenis Campuran		Simbol	Tebal Nominal Minimum (cm)
Latasir Kelas A		SS-A	1.5
Latasir Kelas B		SS-B	2.0
Lataston	Lapisan Aus	HRS-WC	3.0
	Lapisan Pondasi	HRS-Base	3.5
Laston	Lapisan Aus	AC-WC	4.0
	Lapisan Antara	AC-BC	6.0
	Lapisan Pondasi	AC-BC	7.5

Sumber : (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018)

Tabel 2. 2 Ketentuan Sifat Aspal Beton (AC Mod)

Sifat Campuran		Nilai
Jumlah Tumbukan		75 Kali
Stabilitas	Min	2500 Kg
	Maks	4 mm
Pelelehan	Min	2 mm
	Maks	4 mm

Sumber : (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018)

2.3 Material Campuran Laston

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

2.3.1 Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya berupa hasil alam atau buatan (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018). Berdasarkan ukuran butir agregat dibagi dalam 3 jenis yaitu: Agregat kasar, Agregat halus, dan Bahan pengisi (*filler*)

Agregat didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat. ASTM mendefinisikan agregat sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa masa berukuran besar ataupun berupa fragmen-fragmen.

Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75-85% agregat berdasarkan

persentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain (Vinet & Zhedanov, 2011).

2.3.1.1 Klasifikasi Agregat

Dalam klasifikasinya 3 jenis agregat tersebut memiliki persyaratan sebagai berikut :

1. Agregat Kasar

Agregat kasar memenuhi persyaratan campuran Laston yang diberikan pada tabel berikut :

Tabel 2. 3 Persyaratan Agregat Kasar

Pengujian	Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan Natrium Sulfat	SNI 3407:2008	Maks. 12%
Abrasi dengan mesin <i>Los Angeles</i> (Campuran AC Modifikasi) 500 putaran	SNI 2417:2008	Maks. 30%
Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 2439:2011	Min. 95%
Partikel pipih dan lonjong	ASTM D4791 Perbandingan 1:5	Maks. 10%
Material lolos ayakan No. 200	SNI 03-4142-1996	Maks. 2%

Sumber : (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018)

2. Agregat Halus

Fraksi agregat halus dapat berupa penyaringan batu pecah atau pasir alam yang lolos ayakan No. 4 (4,75 mm). Pasir alam dapat digunakan dalam campuran Laston maksimum sebanyak 15% terhadap berat total campuran Agregat halus harus memenuhi persyaratan sebagaimana disajikan pada tabel berikut :

Tabel 2. 4 Persyaratan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
<i>Sand Equivalent</i>	SNI 03-4428-1997	Min. 60%
Berat jenis	SNI 3423:2008	Min. 2,5 gr/cc
Peresapan terhadap air	SNI 03-6877:2002	Maks. 3%

(Sumber : SNI 8198:2015)

3. Bahan Pengisi (*Filler*)

Filler adalah bahan berbutir halus yang lolos ayakan No.200 (75 mikron) dengan minimum 75% lolos saringan. *Filler* yang dapat digunakan berupa debu batu kapur (*limestone dust*), kapur padam (*hydrated lime*), semen atau abu terbang. *Filler* digunakan untuk mengisi bagian-bagian yang kosong (rongga-rongga). Semua campuran beraspal harus mengandung *filler* yang ditambahkan tidak kurang dari 1% dan maksimum 2% dari gradasi agregat.

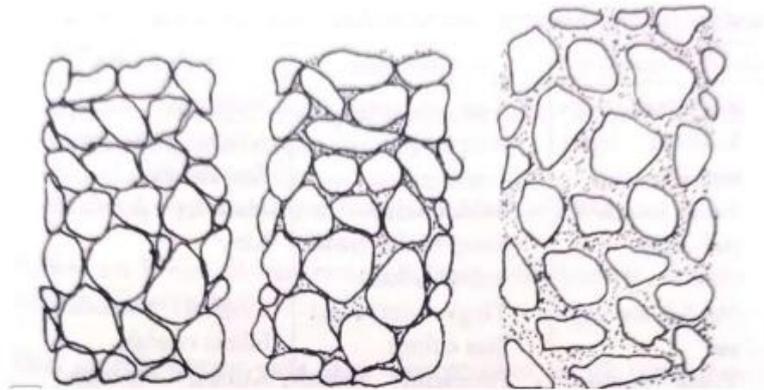
2.3.1.2 Sifat Agregat

Sifat agregat menentukan kualitasnya sebagai bahan material perkerasan jalan, dimana agregat itu sendiri merupakan bahan yang kaku dan keras. Agregat dengan kualitas dan mutu yang baik dibutuhkan untuk lapisan permukaan yang langsung memikul beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan dibawahnya (Sukirman, 1999). Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan dapat dikelompokkan menjadi :

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

2.3.1.3 Gradasi Agregat

Gradasi atau distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas perkerasan. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga antar butir yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan dalam proses pelaksanaan (Sukirman, 1999). Gradasi agregat dapat dibedakan meliputi : Gradasi Seragam (*Uniform Graded*), Gradasi Rapat (*Dense Graded*), Gradasi Buruk/Jelek (*Poorly Graded*)



Gambar 2. 2 Jenis gradasi agregat
Sumber: Buku Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1999

Persyaratan gradasi agregat untuk setiap jenis campuran ditunjukkan dalam tabel. Khusus untuk gradasi agregat AC-BC dan AC-Base harus termasuk agregat dari RAP bila menggunakan RAP (Badan Standardisasi Nasional, 2015). Berikut tabel persyaratan gradasi agregat :

Tabel 2. 5 Persyaratan Gradasi Agregat

Ukuran Ayakan	Persen beras lolos terhadap total agregat dalam campuran		
	Laston (AC)		
	WC atau WC Modifikasi	BC atau BC Modifikasi	Base atau Base Modifikasi
1 ½ in (37,5 mm)			100
1 in (25 mm)		100	90--100

Ukuran Ayakan	Persen beras lolos terhadap total agregat dalam campuran		
	Laston (AC)		
	WC atau WC Modifikasi	BC atau BC Modifikasi	Base atau Base Modifikasi
¾ in (19 mm)	100	90—100	76--90
½ in (12,5 mm)	90--100	75—90	60--78
3/8 in (9,5 mm)	77--90	66—82	52--71
No. 4 (4,75 mm)	53--69	46—64	35--54
No. 8 (2,36 mm)	33--53	30—49	23--41
No. 16 (1,18 mm)	21--40	18—38	14--30
No. 30 (0,6 mm)	14-30	12—28	10--22
No. 50 (0,3 mm)	9--22	7—20	6--15
No. 100 (0,15 mm)	6--15	5—13	4--10
No. 200 (0,075 mm)	4--10	4—8	3--7

Sumber : (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018)

2.3.2 Limbah Beton

Limbah beton merupakan salah satu limbah terbesar di seluruh dunia yang dihasilkan dari struktur beton seperti, jembatan, bangunan, dan bendungan (Pasandin et al., 2014). RCA dapat dibagi menjadi agregat kasar daur ulang ($\geq 4,75$ mm) dan agregat halus daur ulang ($< 4,75$ mm). Berdasarkan penelitian oleh Paravithana & Mohajerani tahun 2006 diperoleh hasil bahwa Limbah beton berbeda dengan agregat segar karena adanya pasta semen yang menempel pada permukaan agregat alami asli setelah proses daur ulang. Pasta semen yang sangat berpori serta kontaminasi lainnya menyebabkan kepadatan partikel yang lebih rendah, porositas yang lebih tinggi, permukaan kasar dan banyak terjadi retakan mikro sehingga penyerapan air akan lebih besar (Paravithana & Mohajerani., 2006).

Berdasarkan penelitian Imannurohman tahun 2021 penggunaan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar dengan kadar 0%, 10%, 15% 20% dengan kadar aspal optimum sebesar 6% berpengaruh baik terhadap nilai karakteristik Marshall

seperti Stabilitas sebesar 1869,30 kg, Flow sebesar 3,17 mm, VFB sebesar 10 76,97%, VMA sebesar 16,64%, VIM sebesar 3,83% dan MQ sebesar 590,97 kg/mm. Hasil menunjukkan nilai stabilitas dan VIM pun meningkat. VIM yang tinggi dapat terjadi karena adanya limbah beton lebih berpori jika dibandingkan agregat alam sehingga aspal terlebih dulu terserap oleh RCA dan aspal untuk mengikat campuran semakin sedikit sehingga nilai flow semakin rendah (Imannurrohman, 2021).

Pada penelitian Sri Widodo & Andhikutama tahun 2013 menggunakan limbah sebagai pengganti sebagian agregat kasar, dengan presentase 0%, 20%, 40%, 60% dan 80% terhadap total agregat kasar. Diperoleh hasil kadar aspal optimum (KAO) sebesar 6,68%. Hasil pengujian lapis aus pada campuran AC-WC ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar limbah beton yang digunakan maka nilai stabilitas akan cenderung bertambah. Hal ini karena penyerapan yang besar dan adanya pasta semen yang melekat pada agregat limbah beton dan mengakibatkan aspal yang terserap oleh limbah beton yang lebih banyak jika dibandingkan dengan penggunaan agregat baru (Aeys Andhikutama, Sri widodo, 2013).

2.3.3 Aspal

Menurut Silvana Sukirman Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan sampai suatu temperatur tertentu aspal dapat menjadi lunak/cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau dapat masuk kedalam pori-pori yang ada pada penyemprotan/penyiraman pada perkerasan macadam atau pelaburan. Jika temperatur mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (sifat termoplastis) (Sukirman, 1999). Menurut Bina Marga 2018 Revisii 2 ketentuan aspal pada penetrasi 60/70 sebagai berikut :

Tabel 2. 6 Ketentuan Aspal Penetrasi 60/70 Bina Marga 2010

Jenis Pengujian	Metoda	Persyaratan
Penetrasi, 25° C, 100gr, 5 detik, 0.1 mm	SNI 06-2456-1991	60 - 70

Jenis Pengujian	Metoda	Persyaratan
Titik Lembek, ° C	SNI 2434:2011	≥ 48
Daktilitas, 25 ° C, 5 cm/menit	SNI 2432:2011	≥ 100
Titik Nyala, ° C	SNI 2433:2011	≥ 232
Berat Jenis (25 ° C) gr/cc	SNI 2441:2011	≥ 1,0
Berat yang Hilang, %	SNI 06-2441:1991	≤ 0,8
Penetrasi Setelah Kehilangan Berat, %	SNI 06-2456-1991	≥ 54
Kelarutan Terhadap CCL ₄ , %	AASHTO T44-03	≥ 99

Sumber : (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018)

Tabel 2. 7 Ketentuan Temperatur Aspal untuk Pencampuran dan Pemasatan

Prosedur Pelaksanaan	Temperatur Aspal (° C)
	Aspal Pen 60/70
Pencampuran benda uji <i>Marshall</i>	155 ± 1
Pemasatan benda uji <i>Marshall</i>	145 ± 1

Sumber : (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018)

2.4 Campuran Aspal

2.4.1 Jenis Campuran Beraspal

Jenis campuran beraspal dapat dibedakan dari gradasi agregat dan ketebalan lapisan. Sesuai dengan Spesifikasi Umum Pekerjaan Jalan dan Jembatan Bina Marga (2018) Revisi 2, jenis campuran beraspal adalah sebagai berikut :

a. *Stone Matrix Asphalt* (SMA)

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

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

Lapis Tipis Aspal Beton (Lataston) yang selanjutnya disebut HRS, terdiri dari dua jenis campuran, HRS Fondasi (*HRS-Base*) dan HRS

Lapis Aus (*HRS Wearing Course*, HRS-WC) dan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm. HRS-Base mempunyai proporsi fraksi agregat kasar lebih besar daripada HRS-WC.

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

Lapis Aspal Beton (Laston) yang selanjutnya disebut AC, terdiri dari tiga jenis: AC Lapis Aus (AC-WC); AC Lapis Antara (*AC-Binder Course*, AC-BC) dan AC Lapis Fondasi (*AC-Base*), dengan ukuran maksimum agregat masing - masing campuran adalah 19 mm, 25,4 mm, 37,5 mm. Setiap jenis campuran AC yang menggunakan bahan Aspal Polymer disebut masing-masing sebagai AC-WC Modifikasi, AC-BC Modifikasi, dan AC-Base Modifikasi.

2.4.2 Karakteristik Campuran Beraspal Panas

Menurut Silvia Sukirman terdapat tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh beton aspal adalah stabilitas (*stability*), keawetan (*durability*), kelenturan (*flexibility*), ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*), kekesatan permukaan atau ketahanan geser (*skid resistance*), kedap air dan kemudahan pelaksanaan (*workability*) (Sukirman, 2016). Berikut sedikit penjelasan tentang karakteristik campuran beraspal.

2.4.2.1 Stabilitas

Stabilitas lapisan perkerasan jalan adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur ataupun bleeding. Kebutuhan akan stabilitas setingkat dengan jumlah lalu lintas dan beban kendaraan yang akan memakai jalan tersebut.

2.4.2.2 Durabilitas (Keawetan/Daya Tahan)

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

- a. VIM kecil sehingga lapis kedap air dan udara tidak masuk ke dalam campuran yang menyebabkan terjadinya oksidasi dan aspal menjadi rapuh (getas).
- b. VMA besar sehingga film aspal dapat dibuat tebal. Jika VMA dan VIM kecil serta kadar aspal tinggi maka kemungkinan terjadinya bleeding cukup besar, untuk mencapai VMA yang besar ini digunakan agregat bergradasi senjang.
- c. Film (selimut) aspal, film aspal yang tebal dapat menghasilkan lapis aspal beton yang durabilitas tinggi, tetapi kemungkinan terjadinya bleeding menjadi besar.

2.4.2.3 Fleksibilitas (Kelenturan)

Fleksibilitas pada lapisan perkerasan adalah kemampuan lapisan perkerasan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume.

2.4.2.4 Kekesatan (*Skid Resistance*)

Tahanan geser adalah kekesatan yang diberikan oleh perkerasan sehingga kendaraan tidak mengalami slip baik di waktu hujan (basah) maupun di waktu kering. Kekesatan dinyatakan dengan koefisien gesek antara permukaan jalan dengan roda kendaraan.

2.4.2.5 *Fatigue Resistance* (Ketahanan Kelelahan)

Ketahanan kelelahan adalah ketahanan dari lapis aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan yang berupa alur (*rutting*) dan retak.

2.4.2.6 Kedap Air

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

2.4.2.7 Workability (Kemudahan Pelaksanaan)

Kemudahan pelaksanaan adalah mudahnya suatu campuran untuk dihampar dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang diharapkan. *Workability* ini dipengaruhi oleh gradasi agregat. Agregat bergradasi baik lebih mudah dilaksanakan daripada agregat bergradasi lain.

Setiap jenis campuran laston (AC) yang menggunakan aspal Pen 60-70, masing-masing disebut sebagai AC-WC, AC-BC, dan AC-Base, sedangkan yang menggunakan aspal *elastomer sintetis* (aspal polimer) atau asbuton yang diproses, disebut AC-WC Modifikasi, AC-BC Modifikasi, dan AC-Base Modifikasi. Sifat-sifat campuran laston dan laston modifikasi, harus memenuhi persyaratan yang sudah ditetapkan.

Tabel 2. 8 Persyaratan Campuran Laston

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		AC-WC	AC-BC	AC-Base
Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min.	1,0		
	Maks.	1,4		
Rongga dalam campuran (%)	Min.	3,0		
	Maks.	5,0		
Rongga dalam agregat (%)	Min.	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	Min.	65	65	65
Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	Min.	800		1800
<i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)	Min	250		300
Kelelehan (mm)	Min.	2		3
	Maks.	4		6

Sumber : (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018)

2.5 Perencanaan Campuran Aspal

Menurut buku Silva Sukirman tahun 2016 langkah-langkah rancangan campuran marshall adalah (Sukirman, 2016) :

2.5.1 Pengujian Material

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

2.5.2 Penentuan Proporsi Agregat

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

$$P = aA + bB + cC$$

dengan:

P = persen lolos saringan dengan bukaan d mm yang diinginkan, diperoleh dari spesifikasi campuran.

A = persen lolos saringan fraksi agregat A untuk bukaan d mm.

B = persen lolos saringan fraksi agregat B untuk bukaan d mm.

C = persen lolos saringan fraksi agregat C untuk bukaan d mm.

a = proporsi dari fraksi agregat A.

b = proporsi dari fraksi agregat B.

c = proporsi dari fraksi agregat C.

$$(a + b + c) = 1 \text{ atau } 100$$

Nilai a,b,c diperoleh dengan "*trial and error*", karena perhitungan P yang dilakukan untuk satu ukuran saringan belum tentu secara keseluruhan dapat menghasilkan campuran yang memenuhi spesifikasi campuran. Proporsi yang

terbaik adalah proporsi yang dapat menghasilkan agregat campuran bergradasi mendekati gradasi tengah rentang spesifikasi.

2.5.3 Penentuan Kadar Aspal Total dalam Campuran

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

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

Keterangan :

PB = kadar aspal awal terhadap berat total campuran

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

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

% FF = persen *filler* terhadap berat total agregat

K = nilai konstanta

= 0,5 – 1,0 untuk laston

= 2,0 – 3,0 untuk lataston

2.5.4 Pembuatan Benda Uji atau Briket Beton Aspal

Terlebih dahulu disiapkan agregat dan aspal sesuai jumlah benda uji yang akan dibuat. Untuk mendapatkan kadar aspal optimum umumnya dibuat 15 buah benda uji dengan 5 variasi kadar aspal yang masing-masing berbeda 0,5%. Kadar aspal yang dipilih haruslah sedemikian rupa, sehingga dua kadar aspal kurang dari nilai kadar aspal tengah, dan dua kadar aspal lagi lebih besar dari nilai kadar aspal

tengah. Jika kadar aspal tengah adalah a %, maka benda uji dibuat untuk kadar aspal $(a - 1)$ %, $(a - 0,5)$ %, a %, $(a + 0,5)$ %, dan $(a + 1)$ %. Masing-masing kadar aspal dibuat 3 buah benda uji.

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

2.5.5 Pengujian Marshall

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

2.5.6 Perhitungan Parameter Marshall

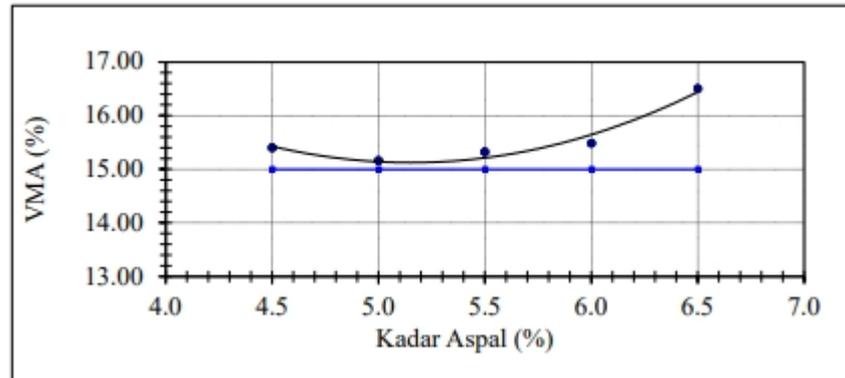
Menghitung parameter aspal yaitu VIM, VMA, VFA, berat volume, dan parameter lain sesuai parameter yang ada pada spesifikasi campuran.

2.5.7 Penggambaran Hubungan Kadar Aspal dan Parameter Marshall

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

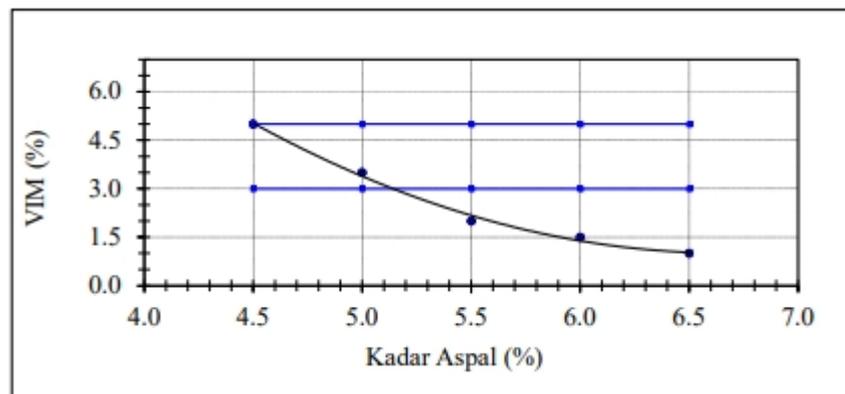
1. Stabilitas akan meningkat jika kadar aspal bertambah, sampai mencapai nilai maksimum, dan setelah itu stabilitas akan menurun.
2. Kelelahan atau *flow* akan terus meningkat dengan meningkatnya kadar aspal.
3. Lengkung berat volume identik dengan lengkung stabilitas, tetapi nilai maksimum tercapai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

5. Lengkung VMA akan turun sampai mencapai malar minimum dan kemudian kembali bertambah dengan bertambahnya kadar aspal.



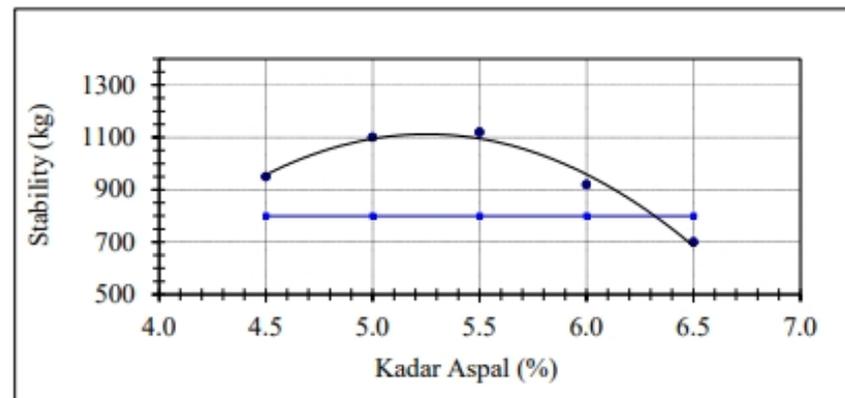
Gambar 2. 3 Grafik *Voids in Mineral Agregat* (VMA)

Sumber : Tugas Akhir Abdurohman (167011035) Universitas Siliwangi



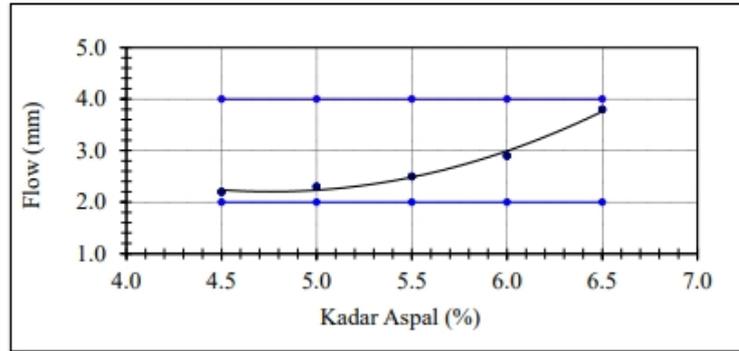
Gambar 2. 4 Grafik *Voids in Mix* (VIM)

Sumber : Tugas Akhir Abdurohman (167011035) Universitas Siliwangi



Gambar 2. 5 Grafik Stabilitas

Sumber : Tugas Akhir Abdurohman (167011035) Universitas Siliwangi

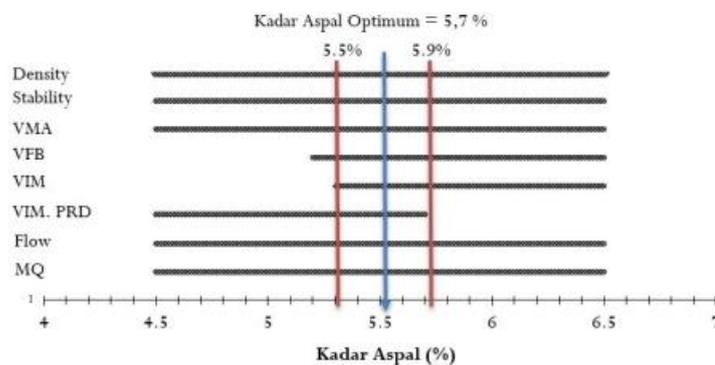


Gambar 2. 6 Grafik Flow

Sumber : Tugas Akhir Abdurohman (167011035) Universitas Siliwangi

2.5.8 Penentuan Kadar Aspal Optimum

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



Gambar 2. 7 Contoh penentuan Kadar Aspal Optimum

Sumber : Tugas Akhir Abdurohman (167011035) Universitas Siliwangi

2.6 Pengukuran Volumetrik Campuran Sampel

Campuran beraspal panas pada dasarnya terdiri dari aspal dan agregat, proporsi masing-masing bahan harus dirancang sedemikian rupa agar dihasilkan aspal beton yang dapat melayani lalu lintas dan tahan terhadap pengaruh lingkungan selama masa pelayanan (Sukirman, 2016). Ini berarti campuran beraspal harus :

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

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

2.6.1 Berat Jenis Agregat

Berat jenis agregat adalah perbandingan antara berat volume agregat dan berat volume air. Besarnya berat jenis agregat penting dalam perencanaan campuran agregat dengan aspal karena umumnya direncanakan berdasarkan perbandingan berat dan juga untuk menentukan banyak pori. Perbedaan berat jenis pada agregat yang digunakan sangat berpengaruh pada kepadatan suatu campuran aspal. Agregat dengan berat jenis yang kecil mempunyai volume yang besar sehingga dengan berat yang sama membutuhkan jumlah aspal yang lebih banyak. Disamping itu agregat dengan kadar pori yang besar membutuhkan jumlah aspal yang banyak.

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

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

Berat jenis *bulk* adalah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu 25°C.

$$\text{Bulk SG} = \frac{Bk}{Bj - Ba} \quad (2.1)$$

Keterangan:

Bk = berat benda uji kering (gr)

Bj = berat benda uji dalam keadaan jenuh (gr)

Ba = berat benda uji dalam air (gr)

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

2. *Apparent Spesific Gravity* (Berat Jenis Apperent)

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

$$\text{Apparent SG} = \frac{Bj}{Bj - Ba} \quad (2.2)$$

Keterangan :

Ba = berat benda uji dalam air (gr)

Bj = berat benda uji dalam keadaan jenuh (gr)

3. *Apparent Spesific Gravity* (Berat Jenis Semu)

Berat jenis semua adalah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu 25°C.

$$\text{Apparent SG} = \frac{Bk}{Bk - Ba} \quad (2.3)$$

Keterangan:

Bk = berat benda uji kering (gr)

Ba = berat benda uji dalam air (gr)

4. *Absorpsi* (Penyerapan)

Penyerapan ialah perbandingan berat air yang dapat diserap quarry terhadap berat agregat kering, dinyatakan dalam persen.

$$Absorpsi = \frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100 \quad (2.4)$$

Keterangan:

Bj = Berat benda uji dalam keadaan jenuh (gr)

Bk = Berat benda uji kering (gr)

2.6.2 Berat Jenis Maksimum Campuran

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

$$Gmm = \frac{\text{Berat benda uji}}{\text{Volume}} = \frac{A}{(A + B) - C} \quad (2.5)$$

Keterangan:

Gmm = berat jenis maksimum campuran, rongga udara nol

A = Berat benda uji kering oven di udara (g) (benda uji dibuat serpihan)

B = Berat piknometer + air

C = Berat piknometer + air + benda uji (Benda uji yang telah dihisap dengan alat vakum dengan tekanan minimum 30 mmHg)

2.6.3 Berat Jenis Bulk Agregat Campuran (Gsb)

Agregat yang digunakan untuk membentuk beton aspal padat, memiliki gradasi tertentu yang biasanya diperoleh dari pencampuran beberapa fraksi agregat.

$$Gsb = \frac{P1 + P2 + \dots + Pn}{\frac{P1}{G1} + \frac{P2}{G2} + \dots + \frac{Pn}{Gn}} \quad (2.6)$$

Keterangan:

Gsb = berat jenis bulk agregat campuran

P1, P2, ..., Pn = persentase berat masing-masing fraksi terhadap berat total agregat campuran

G1, G2, ..., Gn = berat jenis bulk dari campuran masing-masing fraksi agregat

2.6.4 Voids in Mineral Aggregate (VMA)

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

Terhadap berat campuran total

$$VMA = 100 - \frac{Gmb \times Ps}{Gsb} \quad (2.7)$$

Keterangan :

VMA = rongga di antara mineral agregat, persen volume bulk Gsb = berat jenis bulk agregat

Gmb = berat jenis bulk campuran padat

Ps = kadar agregat, persen total campuran (100 – kadar aspal)

2.6.5 Voids In Mix (VIM)

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

$$VIM = 100 \times \frac{Gmm - Gmb}{Gmm} \quad (2.8)$$

Keterangan :

VIM = rongga udara campuran, persen total campuran

Gmb = berat jenis balk campuran padat

Gmm = berat jenis maksimum campuran

2.6.6 Voids With Bitumen (VFB)

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

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

Keterangan :

VFB = rongga terisi aspal persen VMA

VMA = rongga di antara mineral agregat, persen volume bulk

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

2.6.7 Rongga dalam Campuran pada Kepadatan Membal (*Refusal*)

Berdasarkan Spesifikasi umum Bina Marga 2018, untuk menentukan kepadatan membal (*refusal*) digunakan penumbukan manual, jumlah tumbukan perbidang harus 600 untuk cetakan berdiameter 6 inch dan 400 untuk cetakan berdiameter 4 inch.

2.6.8 Stabilitas

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

Nilai stabilitas diperoleh berdasarkan nilai masing masing yang ditunjukkan oleh jarum arloji. Untuk nilai stabilitas, nilai yang ditunjukkan pada arloji perlu dikonversi terhadap alat Marshall. Hasil pembacaan di arloji stabilitas harus dikalikan dengan nilai kalibrasi proving ring, dan dikoreksi dengan angka koreksibenda uji yang digunakan pada alat Marshall. Pada penelitian ini, alat Marshall yang digunakan mempunyai nilai kalibrasi proving ring sebesar 12,71.

2.6.9 Kelelehan (*Flow*)

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

2.6.10 Kadar Aspal Optimum

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

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

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

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

2.6.11 Stabilitas Marshall Sisa

Berdasarkan (Sudarno, 2018) selain pemeriksaan aspal, ada juga pemeriksaan indeks perendaman. Air sangat mempengaruhi daya tahan konstruksi perkerasan jalan beraspal. Indeks perendaman berhubungan dengan daya lekat aspal terhadap agregat di lapangan dalam keadaan basah. Bila daya lekat tersebut hilang maka jalan akan rusak. Dalam pengujian indeks perendaman (stabilitas sisa) yang akan dicari adalah perbandingan stabilitas 24 jam dengan stabilitas 30 menit.

$$\text{Stabilitas Sisa (\%)} = \frac{\text{Stabilitas 24 jam}}{\text{Stabilitas 30 menit}} \times 100\% \quad (2.10)$$