

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Umum

Dalam analisa diperlukan dasar-dasar teori yang digunakan untuk menunjang proses-proses penelitian. Adapun teori-teori yang digunakan adalah teori mengenai material atau agregat dan bahan pengikat (aspal). Berikut adalah penjelasan singkat dasar-dasar teori yang digunakan dalam penelitian.

Aspal beton campuran panas merupakan salah satu jenis dari lapis perkerasan konstruksi pekerjaan lentur. Jenis perkerasan ini merupakan campuran merata antara agregat dan bahan pengikat pada suhu tertentu. Untuk mengeringkan agregat dan mendapatkan tingkat kecairan yang cukup dari aspal diperoleh kemudahan untuk mencampurnya, maka kedua material harus dipanaskan dulu sebelum dicampur dalam keadaan panas maka seringkali disebut "*Hot Mix*" (Sukirman, S. 1992). Pada saat pencampuran aspal beton ini, aspal keras perlu dipanaskan terlebih dahulu sampai suhu tertentu. Campuran beraspal panas terdiri atas kombinasi agregat dengan aspal keras dan bahan pengisi yang dicampur secara panas pada temperatur tertentu. Kualitas beton aspal sangat tergantung pada bahan, susunan gradasi agregat, kadar aspal dalam campuran dan keseragaman.

Pencampuran agregat yang tersedia di lokasi untuk memenuhi syarat rongga udara, tebal selaput aspal dan stabilisasi. Jadi pada metode ini syarat rongga udara dalam campuran merupakan kriteria pokok bersama dengan kadar aspal efektif yang akhirnya menentukan tebal selaput aspal yang terjadi.

Tiga jenis campuran aspal dengan durabilitas tinggi atau daya tahan yang tinggi dapat dihasilkan dengan menggunakan metode ini yaitu: Laston (Lapis Aspal Beton), Lataston (Lapis Tipis Aspal Beton), dan Lapis Pondasi Bawah, serta Lapis Pondasi Atas.

Tujuan umum dari rencana campuran perkerasan aspal adalah menetapkan suatu penggabungan gradasi agregat yang ekonomis (Spesifikasi Bina Marga, 2006) dan bahan pengikat (Aspal) sehingga memenuhi kriteria sebagai berikut :

1. Kadar aspal yang cukup untuk menjamin keawetan perkerasan.
2. Stabilitas yang memadai sehingga memenuhi kebutuhan lalu lintas tanpa terjadi pemindahan/distorsi dan perubahan bentuk.
3. Kadar rongga yang memadai didalam total campuran padat sehingga masih memungkinkan adanya sedikit tambahan pemadatan, akibat beban lalu lintas

tanpa *bleeding* (aspal keluar dari campuran) dan hilangnya stabilitas, namun cukup rendah untuk mencegah masuknya udara kedalam rongga.

1. Proses pemadatan dan pencampuran dengan tingkat kemudahan yang cukup.
2. Kekesatan yang cukup untuk dapat dilalui lalulintas dengan aman.

2.2. Sifat dan Fungsi Lapis Aspal Beton (Laston)

Menurut Bina Marga.1987, Lapis Aspal Beton (LASTON) merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras, agregat yang mempunyai gradasi menerus, dicampur, dihampar, dan dipadatkan dalam keadaan panas.

1. Tujuan Laston adalah :
 - a. Untuk mendapatkan suatu lapisan permukaan atau lapis antara yang terdapat pada perkerasan jalan raya yang mampu memberikan sumbangan daya dukung yang terukur serta berfungsi sebagai lapisan kedap air yang dapat melindungi konstruksi dibawahnya.
 - b. Sebagai lapisan permukaan, laston harus dapat memberikan kenyamanan dan keamanan tingkat tinggi.
 - c. Laston dibuat melalui proses penyiapan bahan, pencampuran, pengangkutan, penghamparan serta pemadatan yang benar-benar terkendali sehingga dapat diperoleh lapisan yang memenuhi syarat.
2. Fungsi Laston yaitu :
 - a. Sebagai pendukung beban lalu lintas.
 - b. Sebagai pelindung konstruksi dibawahnya dari kerusakan akibat pengaruh air dan cuaca.
 - c. Sebagai lapis aus.
 - d. Menyediakan permukaan jalan yang rata.
3. Sifat Laston yaitu :
 - a. Tahan terhadap keausan akibat beban lalu lintas.
 - b. Kedap air.
 - c. Mempunyai nilai struktural yang tinggi.
 - d. Mempunyai stabilitas yang tinggi.
 - e. Peka terhadap penyimpangan perencanaan pelaksanaan.

Sukirman,S.2007,menjelaskan bahwa laston dapat digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalulintas berat.

2.3. Konstruksi Perkerasan Lentur Jalan

Perkerasan jalan harus dapat memberikan rasa aman dan nyaman kepada pemakai jalan. Disamping itu konstruksi perkerasan lentur haruslah memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

1. Syarat-syarat berlalu-lintas
 - a. Permukaan yang rata, tidak bergelombang, tidak melendut dan tidak berlubang.
 - b. Permukaan cukup kaku, sehingga tidak mudah berubah bentuk akibat beban roda kendaraan.
 - c. Permukaan cukup kasar, memberikan gesekan yang baik antara ban dan permukaan jalan sehingga tidak mudah slip.
 - d. Permukaan tidak mengkilap, tidak silau jika kena sinar.

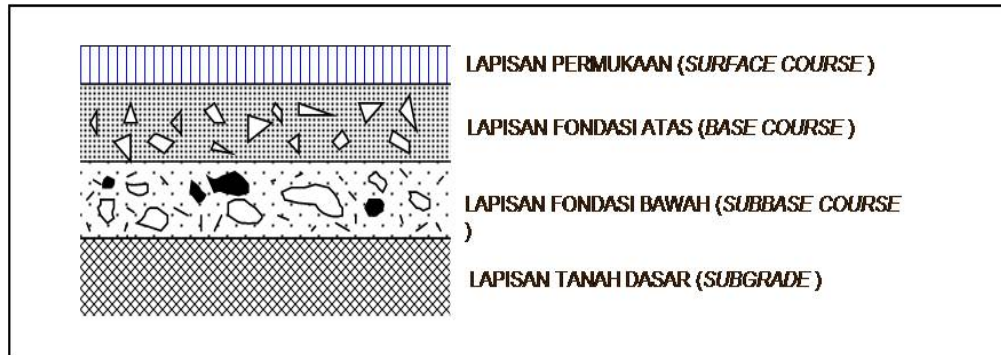
2. Syarat-syarat kekakuan/struktural

Jika dipandang dari segi kemampuannya untuk memikul dan menyebarkan beban, konstruksi perkerasan harus memenuhi syarat berikut :

- a. Ketebalan yang cukup sehingga mampu menyebarkan beban ketanah dasar.
- b. Kedap terhadap air, sehingga air tidak mudah meresap ke lapisan dibawahnya.
- c. Permukaan mudah mengalirkan air, sehingga air hujan yang jatuh diatasnya dapat cepat dialirkan.
- d. Kekakuan untuk memikul beban tanpa menimbulkan deformasi yang berarti.

Lapisan-lapisan pada konstruksi perkerasan lentur terdiri dari :

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



Gambar 2.1. Susunan Lapisan Perkerasan Lentur
 Sumber : Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1992.

Lapis permukaan adalah bagian perkerasan yang paling atas yang pada umumnya ditutupi oleh aspal. Kegunaan dari lapis permukaan ini antara lain :

1. Lapis ini lebih kaya aspal (sekitar 5-6%) dibanding dengan lapis di bawahnya.
2. Berfungsi secara struktural sebagai bagian dari lapis perkerasan jalan.
3. Umumnya bersifat tahan beban.
4. Mampu menyebarkan beban roda kendaraan ke lapisan dibawahnya.
5. Diusahakan agar kedap air untuk mempersulit air permukaan yang tembus lewat retak-retak atau lubang-lubang permukaan yang tidak segera ditambal, hingga air tidak mudah dapat mencapai tanah dasar.

Bahan-bahan untuk lapis permukaan umumnya adalah sama dengan bahan-bahan untuk lapis pondasi, hanya susunan butir-butirnya (gradasi) disyaratkan lebih berat serta penambahan bahan aspal agar lapisan bersifat kedap air, disamping itu bahan aspal sendiri memberikan bantuan tegangan tarik, yang berarti mempertinggi daya dukung lapisan terhadap beban roda lalu lintas. Pemilihan bahan untuk lapisan permukaan akan juga mempertimbangkan kegunaan, umur rencana serta petahapan konstruksi, agar dicapai manfaat sebesar-besarnya dari biaya yang dikeluarkan. Laston WC adalah salah satu jenis dari lapisan permukaan jalan.

2.4. Bahan Agregat

Menurut Sukirman (2003), secara umum agregat adalah material perkerasan berbutir yang digunakan untuk lapisan perkerasan jalan. Berdasarkan ukuran butirnya agregat dapat dibedakan atas agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (*filler*).

Agregat juga dapat didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan kenyal (*Solid*). Agregat juga didefinisikan sebagai batuan yang terdiri dari mineral padat, berupa massa berukuran besar ataupun berukuran kecil. Berdasarkan besar kecilnya butiran agregat dibagi atas agregat kasar dan agregat halus.

2.4.1. Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat yang terdiri dari pasir atau pengayakan batu pecah yang lolos saringan no.4 (2,36mm). Agregat halus harus merupakan bahan yang bersih, keras, bebas dari lempung, atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Adapun ketentuan agregat halus menurut spesifikasi Bina Marga dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 60%
Kadar lempung Angularitas (kedalaman dari permukaan < 10 cm)	SNI 3423 : 2008	Maks. 1% Min. 45
Angularitas (kedalaman dari permukaan ≥ 10 cm)	SNI 03-6877-2002	Min. 40

Sumber : Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3

2.4.2. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat yang tertahan diatas saringan 2,36 mm (No.8), menurut saringan *ASTM (American Standard Testing and Material)*. Fraksi agregat kasar untuk keperluan pengujian harus terdiri atas batu pecah atau kerikil pecah dan harus disediakan dalam ukuran - ukuran nominal. Agregat kasar mempunyai perkerasan lebih stabil dan mempunyai tahanan terhadap slip (*skid resistance*) yang tinggi sehingga lebih menjamin keamanan berkendara. Agregat kasar yang mempunyai bentuk butiran (*Particle Shape*) yang bulat memudahkan proses pemadatan, tetapi rendah stabilitasnya, sedangkan yang berbentuk menyudut (*Angular*) sulit dipadatkan tetapi mempunyai stabilitas tinggi. Agregat kasar harus mempunyai ketahanan terhadap abrasi bila digunakan sebagai campuran (*Wearing Course*), untuk itu nilai *Los Angeles Abrasion Test* harus dipenuhi.

Ketentuanyang harus dipenuhi oleh agregat kasar menurut spesifikasi Bina Marga dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Ketentuan Gradasi Agregat Kasar

Pengujian		Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat		SNI 3407 : 2008	Max 12 %
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC bergradasi kasar	SNI 2417 : 2008	Max 30 %
	Semua jenis campuran aspal bergradasi		Max 40 %
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 03-2439-1991	Min. 95 %
Angularitas (kedalaman dari permukaan < 10 cm)		DoT's Pennsylvania Test Method PTM No.621	95/90
Angularitas (kedalaman dari permukaan ≥10 cm)			80/75
Partikel pipih dan lonjong		ASTM D4791 Perbandingan 1:5	Max 10 %
Material lolos ayakan No. 200		SNI 03-4142-1996	Max 1 %

Sumber : Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3

Catatan : 80/75 menunjukkan bahwa 80 % agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih 75% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih.

2.4.3. Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi terdiri atas debu batu kapur, semen portland, abu terbang, debu tanur tinggi pembuat semen atau bahan mineral plastis lainnya. Bahan pengisi yang merupakan mikro agregat ini harus lolos saringan No. 200 (0,075 mm). Bilamana kapur tidak terhidrasi atau terhidrasi sebagian digunakan sebagai bahan pengisi, maka proporsi maksimum yang diijinkan adalah 1 % dari berat total campuran aspal. Bahan pengisi yang digunakan juga harus kering dan bebas dari bahan-bahan yang tidak dikehendaki.

2.4.4. Bahan Pengikat (*Aspal*)

Aspal adalah material pengikat yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat dan bersifat thermoplastis. Jadi, aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu dan kembali membeku jika temperatur turun. Sifat ini dinamakan kepadatan aspal terhadap perubahan temperatur. Kepadatan aspal terhadap temperatur dipengaruhi oleh komposisi kimiawi aspal. Pemeriksaan sifat ini sangat penting

untuk mengetahui temperatur yang baik untuk pelaksanaan jalan. Bersama dengan agregat aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan. Banyak aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10 % berdasarkan berat campuran, 10-15 % berdasarkan volume campuran.

Fungsi aspal sebagai material perkerasan jalan adalah :

1. Sebagai bahan pengikat : memberikan ikatan yang kuat antara aspal dengan agregat dan agregat itu sendiri.
2. Sebagai bahan pengisi : mengisi rongga antara butir agregat dan pori-pori yang ada didalam butir agregat itu sendiri.

Berdasarkan tempat diperolehnya, aspal dibedakan menjadi 2 macam :

1. Aspal alam

Aspal alam adalah : aspal yang didapat dari suatu tempat di alam, dan dapat digunakan sebagaimana diperolehnya atau dengan sedikit pengolahan. Aspal alam diperoleh di gunung-gunung seperti aspal di Pulau Buton yang disebut dengan Asbuton. Asbuton merupakan batu yang mengandung aspal.

2. Aspal minyak

Aspal minyak adalah aspal yang merupakan residu destilasi minyak bumi. Hasil residu berbentuk padat, tetapi melalui pengolahan dapat pula berbentuk cair dan emulsi pada suhu ruang.

Dilihat dari bentuknya aspal minyak di bedakan menjadi 3 jenis yaitu :

- a. Aspal padat adalah : aspal yang berbentuk padat atau semi padat pada suhu ruang dan menjadi cair jika dipanaskan.
- b. Aspal cair (*Cutback Asphalt*) adalah : aspal yang berbentuk cair pada suhu ruang. Aspal cair merupakan hasil dari pengulingan minyak bumi seperti minyak tanah, bensin atau solar.
- c. Aspal emulsi (*Emulsified Asphalt*) adalah : suatu campuran dengan air dan bahan pengemulsi, yang dilakukan di pabrik pencampuru.

Tabel 2.3. Persyaratan Aspal Keras 60/70

No	Jenis Pengujian	Metode	Persyaratan
1	Penetrasi pada, 25 ° C, (0,1mm)	SNI 06 -2456 –1991	60 –70
2	Viskositas 135 °C (cSt)	AASHTO T201-03	385
3	Titik Lembek (°C)	SNI 06 -2434 – 1991	≥ 40
4	Indeks Penetrasi ⁽⁴⁾	-	≥ - 1,0
5	Duktalitas pada 25 °C, (cm)	SNI 06 -2432 – 1991	≥ 100
6	Titik Nyala; ° C	SNI 06 -2433 –1991	≥ 232
7	Kelarutan dalam Toluene (%)	ASTM D5546	≥ 99
8	Berat Jenis	SNI 06 - 2441-1991	≥ 1,0
9	Stabilitas Penyimpanan (°C)	ASTM D5976 part 61	-
Pengujian Residu hasil TFOT atau RTFOT:			
10	Berat yang hilang (%)	SNI 06 -2441 –1991	≤ 0,8 ⁽²⁾
11	Penetrasi pada 25 °C (%)	SNI 06 -2456 –1991	≥ 54
12	Indeks Penetrasi ⁽⁴⁾	-	≥ - 1,0
13	Keelastisan setelah Pengembalian (%)	ASSTHO T 301-98	-
14	Duktalitas pada 25 °C, (cm)	SNI 06 -2432 – 1991	≥ 100
15	Partikel yang lebih halus dari 150 micron (µm) (%)	-	-

Sumber : Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3.

2.5.Sifat – sifat Campuran

Sifat-sifat campuran yang dihasilkan harus memenuhi standar spesifikasi sebagai tertera pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.4 Persyaratan sifat-sifat campuran Laston

Sifat-sifat campuran		Laston		
		Wc	Bc	Base
Penyerapan Aspal (%)	max	1,2		
Jumlah tumbukan		75	1 1 2	
Rongga dalam campuran VIM (%)	Min	3,5		
	Max	5		
Rongga dalam Agregat(VMA)(%)	min	12	14	13
Rongga terisi aspal(%)	Min	6 5	63	6 0
Stabilitas Marshall(%)	Min	800		1500
	Max	-		-
Kelelehan (mm)		3		5
Marshall quotient(kg/mm)	Min	250		300
Stabilitas Marshall sisa(%) setelah prendaman selama 24 jam,60°C	Min	90		
Rongga dalam campuran (%)pada kepadatan membal(refusal)	Min	2,5		

Sumber : Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3.

2.6. Metode Rancangan Agregat Gabungan

Agregat gabungan adalah gabungan antara beberapa fraksi agregat dengan presentase tertentu untuk mendapatkan gradasi dengan gradasi yang sesuai dengan spesifikasi. Agregat gabungan untuk campuran aspal ditunjukkan dalam persen berat agregat, harus memenuhi batas-batas dan harus berada di luar daerah larangan (*Restriction Zone*) yang diberikan dalam Tabel 2.4 Gradasi Agregat Gabungan. Untuk memperoleh gradasi Agregat yang sesuai dengan spesifikasi agregat, maka kombinasi agregat dapat ditentukan dari dua atau lebih fraksi agregat, yang penggabungannya dapat dilakukan dengan cara analitis atau grafis. Dalam penelitian ini digunakan metode analitis.

Rancangan agregat campuran dengan metode analitis dapat di tunjukan dalam rumus dasar dari proses pencampuran dua, tiga atau lebih fraksi agregat di bawah ini:

$$P = aA + bB + cC \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

P= Persen lolos saringan dengan bukaan d mm yang di inginkan, 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.

Tabel 2.5 Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal

Ukuran Ayakan (mm)	% Berat yang Lolos terhadap total agregat dalam campuran					
	Gradasi halus			Gradasi kasar		
	WC	BC	Base	WC	BC	Base
37,5			100			100
25		100	90 – 100		100	90 - 100
19	100	90 – 100	73 – 90	100	90 – 100	73 – 90
12,5	90 – 100	74 – 90	61 – 79	90 – 100	71 – 90	55 – 76
9,5	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	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	23,1 – 30	20,7 – 28	17,6 – 22	13 – 19,1	10 – 16,7	7 – 13,6
0,300	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	4 – 10	4 – 8	3 – 6	4 – 10	4 – 8	3 – 7

Sumber : Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3

2.7 Karakteristik Umum Campuran Beraspal

Karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh campuran aspal panas adalah: stabilitas, fleksibilitas, durabilitas, ketahanan kelelahan, tahanan geser dan kemudahan pekerjaan.

2.7.1 Stabilitas

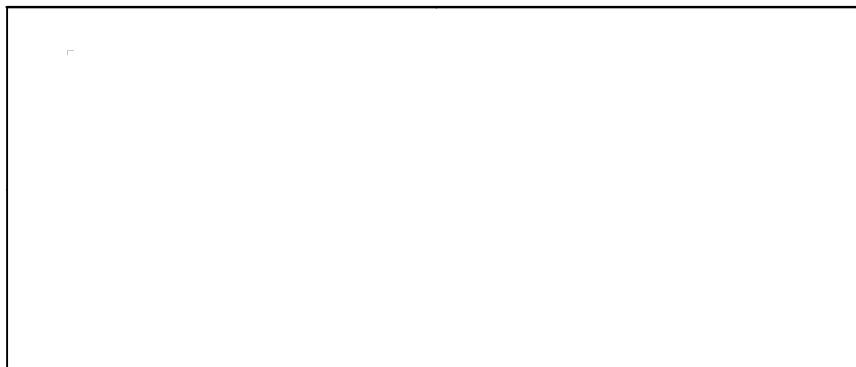
Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadinya perubahan bentuk seperti gelombang, alur, dan *bleeding/menggumpal* (Silvia Sukirman, 2003). Menurut kebutuhan akan stabilitas setingkat dengan jumlah lalu lintas dan beban kendaraan yang akan memakai jalan tersebut.

Campuran aspal yang mempunyai stabilitas yang cukup, pada penampilannya mampu menahan dorongan akibat pengereman (*Shoving*) tanpa menimbulkan alur bekas roda kendaraan atau lendutan jalan (*Ruting*) dan tetap menjaga bentuk dan kerekatan permukaannya. Oleh sebab itu nilai stabilitas yang diperlukan selalu harus dikaitkan dengan beban lalu lintas yang akan melewati jalan tersebut. Nilai stabilitas terlalu tinggi berakibat campuran terlalu kaku (*Stiff*) dan dapat mengalami retak. Disamping itu volume antara agregat *Void in Mineral Aggregate (VMA)* kurang, mengakibatkan kadar aspal yang dibutuhkan rendah.

Stabilitas terjadi dari hasil geseran butir, penguncian antara partikel dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal. Dengan demikian stabilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan mengusahakan penggunaan:

1. Agregat dengan gradasi yang rapat
2. Agregat dengan permukaan yang kasar
3. Agregat berbentuk kasar
4. Aspal dengan penetrasi rendah
5. Aspal dengan jumlah yang mencukupi untuk ikatan antar butir.

Agregat bergradasi baik, bergradasi rapat dapat memberikan *Void in Mineral Aggregate (VMA)* yang kecil, keadaan ini menghasilkan stabilitas yang tinggi, tetapi membutuhkan kadar aspal yang rendah untuk mengikat agregat. *VMA* yang kecil mengakibatkan aspal yang dapat menyelimuti agregat terbatas dan menghasilkan film aspal yang tipis. Film aspal yang tipis mudah lepas yang menyebabkan lapis tidak lagi kedap air, oksidasi mudah terjadi, dan lapis perkerasan menjadi rusak. Pemakaian aspal yang banyak mengakibatkan lapis tidak lagi dapat menyelimuti agregat dengan baik Karena (*VMA* kecil) dan juga menghasilkan rongga antar campuran *Void In Mix (VIM)* yang kecil. Adanya beban lalu lintas yang menambah pemadatan lapisan mengakibatkan lapisan aspal meleleh keluar yang dinamakan *bleeding. (Less Durable)*, sedangkan stabilitas yang akan melewatinya, akan menyebabkan permukaan perkerasan mengalami *Shoving* dan *Rutting*. Nilai stabilitas campuran akan berubah sebagaimana perubahan temperature yang terjadi, oleh sebab itu perlu ada standar temperature uji yang dipakai. Penyebaran beban lalu lintas pada konstruksi perkerasan jalan raya dapat digambarkan sebagai berikut



Sumber : silvia sukirman
Gambar 2.2. Penyebaran Beban Kendaraan

2.7.2. Kelenturan (*Fleksibilitas*)

Kelenturan atau fleksibilitas adalah kemampuan beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (konsolidasi) pergerakan yang terjadi pada pondasi atau tanah dasar tanpa menimbulkan retak. Penurunan terjadi akibat dari repetisi beban lalu lintas ataupun penurunan akibat berat sendiri tanah timbunan yang dibuat di atas tanah asli.

Fleksibilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan :

1. Penggunaan agregat bergradasi senjang sehingga diperoleh *Void in Mineral Aggregate* (VMA) yang besar.
2. Penggunaan aspal lunak (aspal dengan penetrasi tinggi)
3. Penggunaan aspal yang cukup banyak sehingga diperoleh *Void In Mix*(VIM) yang kecil. Fleksibilitas dapat ditingkatkan dengan mempergunakan agregat bergradasi terbuka dan kadar aspal yang tinggi.

2.7.3. Keawetan/Daya Tahan (*Durabilitas*)

Durabilitas diperlukan pada lapisan permukaan sehingga lapisan mampu menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air dan perubahan suhu ataupun keausan akibat gesekan kendaraan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi durabilitas lapis aspal beton:

1. Film aspal atau selimut aspal, film aspal yang tebal akan menghasilkan lapis aspal beton yang berdurabilitas tinggi, tetapi kemungkinan terjadi *bleeding* menjadi tinggi.
2. VIM kecil sehingga lapisan kedap air dan udara tidak masuk kedalam campuran yang mengakibatkan terjadinya oksidasi dan aspal menjadi rapuh/getas.
3. VMA besar, sehingga film aspal dibuat besar. Jika VMA dan VIM kecil serta kadar aspal tinggi kemungkinan terjadinya *bleeding* itu besar. Untuk mencapai VMA yang besar ini di pergunakan agregat bergradasi senjang.

2.7.4. Ketahanan kelelahan (*Fatigue Resistance*).

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

Faktor yang mempengaruhi ketahanan terhadap kelelahan adalah:

1. *Void In Mix* (VIM) yang tinggi dan kadar aspal yang rendah akan mengakibatkan kelelahan yang lebih cepat.
2. *Void in Mineral Aggregate* (VMA) yang tinggi dan kadar aspal yang tinggi dapat mengakibatkan lapis perkerasan menjadi fleksibel

2.7.5. Tahanan Geser (*Skid Resistance*)

Tahanan geser adalah kekesatan yang diberikan oleh perkerasan sehingga kendaraan tidak mengalami selip baik diwaktu hujan atau basah maupun diwaktu kering. Kekesatan dinyatakan dengan koefisien gesek antar permukaan jalan dan ban kendaraan.

Tahan geser tinggi apabila :

1. Penggunaan kadar aspal yang tepat sehingga tidak terjadi *bleeding*.
2. Penggunaan agregat dengan permukaan kasar
3. Penggunaan agregat berbentuk kubus
4. Penggunaan agregat kasar yang cukup

2.7.6 Kemudahan Pekerjaan (*Workability*)

Kemudahan pekerjaan adalah mudahnya suatu campuran untuk dihampar dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang diharapkan.

Faktor yang mempengaruhi kemudahan dalam pelaksanaan adalah :

1. Gradasi agregat, agregat bergradasi baik lebih mudah dilaksanakan dari pada agregat bergradasi lain.
2. Temperatur campuran, ikut mempengaruhi kekerasan bahan pengikat yang bersifat termoplastis.
3. Kandungan bahan pengisi (*Filler*) yang tinggi mengakibatkan pelaksanaan yang lebih sukar.

2.7.7 Hubungan antara Kadar Aspal dengan 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 nilai minimum dan kemudian kembali bertambah dengan bertambahnya kadar aspal.
6. Lengkung *VFA* akan bertambah dengan bertambahnya kadar aspal, karena dalam hal ini *VMA* makin banyak terisi oleh aspal.

2.8 Pemeriksaan Dengan Alat *Marshall*

Kinerja campuran aspal beton dapat diperiksa dengan menggunakan alat *Marshall*, yang pertama kali diperkenalkan oleh Bruce Marshall kemudian dikembangkan oleh U.S. Corps of Engineer. Saat ini pengujian *Marshall* mengikuti PC- 02 – 01 – 76 atau AASHTO T 245-74, atau ASTM D 1599 – 62T.

Alat *Marshall* merupakan alat ukur tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin penguji) yang berkapasitas 2500 kg atau 5000 pon. *Proving ring* dilengkapi dengan arloji pengukur yang berguna untuk mengukur stabilitas campuran, selain itu alat *Marshall* juga dilengkapi dengan arloji kelelahan (*flow meter*) untuk mengukur kelelahan plastis.

Pemeriksaan *Marshall* dimaksudkan untuk menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari campuran aspal dan agregat. Kelelahan plastis adalah plastis adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm atau 0,01". Benda uji yang berbentuk silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 7,5 cm dipersiapkan di Laboratorium dalam centakan benda uji dengan menggunakan hammar (penumbuk) dengan berat 10 pon (4,536 kg) dan tinggi jatuh 18 inch (45,7) dibebani dengan kecepatan tetap 50 mm/menit.

Dari proses persiapan benda uji sampai pemeriksaan dengan alat *Marshall*, diperoleh data-data sebagai berikut :

1. Kadar aspal, dinyatakan dalam bilangan desimal satu angka dibelakang koma
2. Berat volume, dinyatakan dalam ton/m³ atau kg/cm³
3. Stabilitas, dinyatakan dalam bilangan bulat, stabilitas menunjukkan kekuatan, ketahanan terhadap terjadinya alur (rutin)
4. Kelelahan plastis (*flow*), dinyatakan dalam mm atau 0,1 inch. *Flow* merupakan indicator terhadap lentur.
5. *VIM*, persen rongga dalam campuran, dinyatakan dalam bilangan decimal satu angka dibelakang koma. *VIM* merupakan *indicator durabilitas*, kemungkinan *bleding*.
6. *VMA*, persen rongga terhadap agregat, dinyatakan dalam bilangan bulat *VMA* dan *VIM* merupakan indicator durabilitas.

7. Hasil bagi *marshall* (*Marshall quotient*) merupakan hasil bagi stabilitas dan *flow* dinyatakan dalam KN/mm merupakan indicator kelenturan yang potensial terhadap keretakan.
8. Penyerapan aspal, persen terhadap berat campuran, sehingga diperoleh gambaran terhadap berapa besar kadar aspal efektif.
9. Tebal lapisan aspal (film aspal), dinyatakan dalam mm. Film aspal merupakan petunjuk tentang sifat durabilitas campuran.
10. Kadar aspal efektif, dinyatakan dalam bilangan decimal satuan

2.9 Rumus-Rumus Untuk Campuran Beraspal.

Tata cara penentuan kepadatan mutlak campuran beraspal dimaksudkan untuk mengetahui nilai kepadatan tertinggi di laboratorium, dengan menggunakan salah satu cara yaitu dengan pemadatan getar listrik, atau dengan cetakan dan penumbuk *Marshall*.

Rumus - rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Pemeriksaan berat jenis penyerapan agregat kasar (SK SNI M-08-1986)

- a. Berat jenis kering (*Bulk specific gravity*)

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

- b. Berat jenis kering permukaan jenuh atau SSD (*Saturated Surface Dry*)

$$= \frac{B_j}{(B_j - B_a)} \dots \dots \dots (2.3)$$

- c. Berat jenis semu (*Apparent specific gravity*)

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

- d. Penyerapan (*Absorption*)

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

Keterangan :

B_k = Berat uji kering oven (gram)

B_j = Berat benda uji kering permukaan jenuh (gram)

B_a = Berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air (gram)

2. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus

- a. Berat jenis = $\frac{(B_k)}{(B + 500 - B_t)} \dots \dots \dots (2.6)$

- b. Berat jenis permukaan = $\frac{500}{(B + 500 - B_t)} \dots \dots \dots (2.7)$

$$c. \text{ Berat jenis semu} = \frac{(Bk)}{(B+Bk-Bt)} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$d. \text{ Penyerapan} = \frac{(500-Bt)}{Bk} \times 100\% \dots\dots\dots(2.9)$$

3. Pemeriksaan keausan dengan mesin *Los Angeles*

(SK SNI M – 10 – 1989)

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

Keterangan :

a = Berat benda uji awal (gram)

b = Berat benda uji tertahan saringan No. 12 (gram)

4. Berat Jenis Agregat *Bulk*

$$Gab = \frac{P1+P2+P3+\dots+Pn}{\frac{P1}{G1} + \frac{P2}{G2} + \frac{P3}{G3} + \dots + \frac{Pn}{Gn}} \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan :

Gab = Berat jenis *bulk* total

P1, P2, P3 = Presentase masing-masing fraksi agregat (%)

G1, G2, G3 = Berat jenis masing-masing fraksi agregat

5. Berat Jenis Efektif Agregat

$$Gse = \frac{Pmm - Pb}{\frac{Pmm}{Gmm} - \frac{Pb}{Gb}} \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan :

Gse = Berta jenis efektif agregat

Gmm = Berat jenis maksimum campuran, rongga udara

Pmm = Persen berat total campuran (=100)

Pb = Kadar aspal berdasarkan berat jenis maksimum yang di uji dengan ASTM 2014, persentertahan berat total campuran (%)

Gb = Berat jenis aspal

6. Berat Jenis Maksimum Dengan Aspal Berbeda

$$Gmm = \frac{Pmm}{\frac{Ps}{Gse} + \frac{Pb}{Gb}} \dots\dots\dots(2.13)$$

Keterangan :

Ps = Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran

7. Penyerapan Aspal

$$Pba = 100 \times \frac{Gse - Gsb}{Gsb \cdot Gse} \times Gb \dots\dots\dots(2.14)$$

Keterangan :

Pba = Penyerapan aspal, persen total agregat (%)

G_{sb} = Berat jenis *bulk* agregat

8. Kadar Aspal Efektif

$$P_{be} = P_b - \frac{P_{ba}}{100} \times P_s \dots \dots \dots (2.15)$$

Keterangan :

P_{be} = Kadar aspal efektif, persen total campuran (%)

9. Rongga Diantara Mineral Agregat

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb}}{G_{sb}} \times \frac{100}{(100+P_b)} \times 100 \dots \dots \dots (2.16)$$

Keterangan :

VMA = Rongga diantara mineral agragat, persen volume *bulk* (%)

G_{mb} = Berat jenis bulk campuran padat (ASTHO T-166)

10. Ronggan di Dalam Campuran / *Void In Mix* (VIM)

$$VIM = 100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \dots \dots \dots (2.17)$$

Keterangan :

V_a = Rongga udara campuran, persen total campuran (%)

11. Rongga Terisi Aspal

$$VFA = \frac{100(VMA - V_a)}{VMA} \dots \dots \dots (2.18)$$

Keterangan :

VFA = Rongga terisi aspal

2.10 Teknik Pengambilan Sample

Menurut Sugiyono (2003:74-78).“Sampling adalah teknik pengambilan sample”.
Ada dua macam teknik pengambilan sampel menurut Sugiyono yaitu:

a. Random Sampling

Simple random sampling adalah teknik pengambilan sampel yang dilakukan secara acak (random) sehingga setiap kasus atau elemen dalam populasi memiliki kesempatan yang sebesar untuk dipilih sebagai sampel penelitian.

Ada tiga cara yaitu :

1. Cara undian adalah pengambilan sampel dengan cara memberikan kesempatan kepada setiap individu untuk menjadi anggota sampel.
2. Cara ordinal cara pengambilan sampel dengan cara kelipatan dari sampel sebelumnya, misalkan dua, kelipatan tiga, dan seterusnya.
3. Cara randomisasi adalah pengambilan sampling tabel bilangan random.

- b. Non Random Sampel adalah cara pengambilan sampel yang tidak semua anggota sampel diberi kesempatan untuk dipilih sebagai anggota sampel. Cara pengambilan sampel dengan non random ada tujuh cara yaitu :
1. *Proportional sampling* adalah pengambilan sampel yang memperhatikan pertimbangan unsur-unsur atau kategori dalam populasi penelitian.
 2. *Stratified sampling* adalah cara pengambilan sampel dari populasi yang terdiri dari strata yang mempunyai susunan bertingkat.
 3. *Proporsive sampling* adalah cara pengambilan sampel dengan menetapkan ciri yang sesuai dengan tujuan.
 4. *Quota sampling* adalah ruang dan tempat belajar yang tersedia di rumah maupun di kampus.
 5. *Double sampling* atau kembar sering digunakan dalam research dan penelitian yang menggunakan angket lewat usaha menampung mereka dan mengembalikan dalam angket.
 6. *Area probability sampling* adalah cara pengambilan sampel yang menunjukkan cara tertentu atau bagian sampel yang memiliki ciri-ciri populasi.
 7. *Cluster sampling* adalah cara pengambilan sampel yang berdasarkan pada *cluster-cluster* tertentu.