

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Campuran Beton Aspal

Beton aspal adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan yang mempunyai gradasi menerus, dicampur, dihampar, dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Karena dicampur dalam keadaan panas maka sering disebut sebagai beton aspal campuran panas atau *hot mix* (Sukirman, 2003). Karakteristik yang harus dimiliki oleh campuran beton aspal antara lain Stabilitas, Durabilitas, Fleksibilitas, Tahanan Geser/Kekesatan, Ketahanan Terhadap kelelahan, Kedap Air, Kemudahan Pelaksanaan.

2.1.1 Stabilitas

Stabilitas perkerasan jalan adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur maupun *bleeding*. Parameter dan stabilitas adalah nilai stabilitas campuran, nilai kelelahan (*flow*) yang diperoleh dari pengujian *Marshall* dan kepadatan campuran.

Stabilitas juga dapat didefinisikan sebagai kemampuan lapisan perkerasan dalam melayani beban lalu-lintas dengan mengalami deformasi permanen, seperti bergelombang dan timbulnya alur-alur. Stabilitas ditentukan oleh tahanan gesek atau derajat penguncian yang dapat dikembangkan oleh partikel agregat, dan kohesi yang dapat dikembangkan oleh semen aspal. Stabilitas akan maksimal, jika agregat mempunyai permukaan kasar/tidak beraturan, dan volume aspal yang cukup, sehingga adhesi dengan permukaan agregat dapat disebarkan dengan merata. Nilai stabilitas *Marshall* menyatakan beban dalam Pon (lb) yang menyebabkan keruntuhan dari benda uji campuran beton aspal panas padat yang diuji dalam alat *Marshall*. Stabilitas *Marshall* bertambah bila kadar aspal bertambah sampai nilai tertentu setelah nilai tersebut stabilitasnya berkurang.

2.1.2 Durabilitas (Keawetan/Daya Tahan)

Durabilitas atau keawetan dari suatu perkerasan lentur merupakan kemampuan untuk menahan keausan akibat pengaruh suhu, cuaca, air ataupun

keausan akibat gesekan roda kendaraan parameter durabilitas adalah VIM (*Void In Mix*) dan VMA (*Void In Minearl Agregate*)

Daya tahan suatu lapisan perkerasan terhadap keausan (desintegrasi) akibat beban lalu-lintas dan pengaruh perubahan cuaca, dengan mengalami pelepasan film aspal dari butiran agregat. Perubahan cuaca dapat mengakibatkan penuaan aspal, yang antara lain meliputi oksidasi dan penguapan fraksi ringan aspal. Faktor-faktor yang dapat meningkatkan durabilitas campuran agregat aspal adalah kadar aspal tinggi, gradasi agregat rapat, pemadatan sempurna, campuran agregat aspal kadar air serta batuan penyusun lapisan perkerasan harus cukup keras.

2.1.3 Fleksibilitas (Kelenturan)

Fleksibilitas adalah kemampuan dari suatu perkerasan lentur untuk mengikuti deformasi yang berulang akibat beban lalu lintas tanpa terjadi keretakan. Parameter fleksibilitas adalah MQ (*Marshall Quotient*) yang merupakan hasil perbandingan antara stabilitas dan *flow*.

Kelenturan (*Fleksibility*) maksudnya adalah campuran aspal harus mampu mengakomodasi lendutan permanen dalam batas-batas tertentu dengan tanpa mengalami retak-retak. Untuk mendapatkan kelenturan yang tinggi, maka dapat digunakan agregat yang bergradasi terbuka atau gradasi senjang. Aspal yang digunakan harus lunak (penetrasi tinggi), atau digunakan kadar aspal relatif tinggi sejauh dalam batas-batas masih belum terjadi kegemukan (*bleeding*).

2.1.4 Tahanan Geser /Kekesatan (*Skid Resistance*)

Tahanan geser adalah kemampuan permukaan beton aspal memberikan gaya gesek pada roda kendaraan untuk menghindari terjadinya slip atau tergelincir, baik di waktu hujan atau basah maupun di waktu kering.

Kekesatan permukaan atau ketahanan terhadap slip (*skid resistance*), maksudnya lapisan permukaan aspal harus mempunyai kekesatan yang cukup tinggi, sehingga menjamin keselamatan pemakai jalan, terutama bila dalam kondisi basah. Untuk mempertinggi kekesatan, maka kadar aspal harus tepat permukaan agregat harus kasar, agregat berbentuk kubus dan persen agregat kasar cukup.

2.1.5 Ketahanan Terhadap Kelelahan (*Fatigue Resistance*)

Ketahanan terhadap kelelahan adalah kemampuan lapis aspal beton menerima beban berulang tanpa terjadi kelelahan berupa retak dan alur (*ruting*). Karakteristik ini dipengaruhi oleh VIM, VMA dan VFB (*Void Filled With Bitument*).

2.1.6 Kedap Air (*Impermeabilitas*)

Kedap air atau *impermeabilitas* adalah kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara ke dalam lapisan beton aspal. Hal ini diperlukan untuk mencegah lolosnya air dan kontak langsung aspal dengan udara. Air dan udara akan mempercepat proses penuaan aspal. Selain itu air juga dapat menyebabkan pengelupasan lapis *film* aspal yang berada di permukaan agregat.

2.1.7 Kemudahan Pelaksanaan (*Workability*)

Kemudahan dalam pelaksanaan adalah kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang diharapkan. Karakteristik ini dipengaruhi oleh gradasi agregat dan kandungan bahan pengisi.

2.2 Agregat

Agregat yang merupakan bahan utama untuk struktur jalan, adalah sekumpulan butir-butir batu pecah dan pasir, atau mineral yang lain, baik dari hasil alam, maupun buatan. Lapisan perkerasan mengandung 90-95% agregat berdasarkan persen berat, atau 75-85% agregat berdasarkan persen volume. Agregat yang digunakan harus dalam keadaan bersih dari kotoran, bahan-bahan organik atau bahan lain yang tidak dikehendaki, karena akan mengurangi kinerja campuran.

Menurut, Hary Christady Hardiyatmo, 2011, bahan susun perkerasan aspal adalah aspal, agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi (*filler*). Jenis agregat menurut diameter butirannya dibedakan menjadi fraksi-fraksi sebagai berikut:

1. Agregat kasar, yaitu batuan yang tertahan saringan no.8 (diameter 2,36 mm).
2. Agregat halus, yaitu batuan yang lolos saringan no.8 (diameter 2,36 mm) dan tertahan saringan no. 200 (diameter 0,075 mm).

3. Bahan pengisi (*filler*), yaitu material yang lolos saringan no.200 (diameter 0,075 mm).

Agregat yang digunakan harus bersih dari kotoran, bahan-bahan organik, atau bahan lain yang mengganggu, dan kualitasnya harus memenuhi syarat-syarat tertentu.

Bahan pengisi (*filler*) yang merupakan material butiran halus yang lolos saringan no. 200 (0,075 mm), dapat terdiri dari debu batu kapur padam, semen portland, atau bahan non-plastis lainnya. Bahan pengisi harus kering dan bebas dari bahan lain yang mengganggu. Bahan pengisi ini mempunyai fungsi :

- 1) Sebagai pengisi antara partikel agregat yang lebih kasar, sehingga rongga udara menjadi lebih kecil dan menghasilkan tahanan gesek serta penguncian antara butiran yang tinggi, dengan demikian akan meningkatkan stabilitas campuran.
- 2) Jika ditambahkan kedalam aspal, bahan pengisi akan menjadi suspensis, sehingga terbentuk mastik yang bersama-sama dengan aspal mengikat partikel agregat. Dengan penambahan bahan pengisi, aspal menjadi lebih kental, dan campuran agregat aspal menjadi bertambah kekuatannya.

Kadar *filler* dalam campuran beton aspal akan berpengaruh pada proses pencampuran, penghamparan dan pemadatan. Selain itu *filler* juga mempengaruhi sifat elastisitas campuran dan sensitivitasnya terhadap air.

Hal penting yang harus diperhatikan saat melakukan pencampuran aspal dengan agregat adalah adanya air. Jika ada air dalam campuran, maka air akan menyebabkan hilangnya ikatan adhesi antara aspal dan agregat. Air ini akan menyebabkan terjadinya oksidasi, sehingga lapisan *film* aspal akan rusak. Aspal tidak dapat bercampur dengan air, tapi agregat bersifat mudah sekali menyerap air. Agregat tidak begitu dipengaruhi oleh air. Tetapi, air ini mempengaruhi daya lekat aspal dengan agregat, karena daya lekat air terhadap agregat lebih besar dibandingkan dengan daya lekat aspal dengan agregat.

Agregat dapat diperoleh dari pengambilan secara alami maupun dari pemecahan batu. Agregat alami dapat dibagi menjadi tiga klasifikasi geologi batuan, yaitu : batuan sedimen, batuan metamorf, dan *igneus*. Batuan sedimen terbentuk dari akumulasi sedimen yang dibawa oleh air atau angin. Sifat umumnya dari batuan sedimen adalah strukturnya yang berlapis-lapis mengandung mineral dari bidang-bidang relatif lemah yang sejajar. Batuan

igneus terbentuk melalui pendinginan dan pembekuan dari lelehan magma yang dimuntahkan ke permukaan bumi.

Pada dasarnya terdapat tiga macam agregat, yaitu : batu pecah, kerikil dan pasir. Batu pecah adalah batuan dari batuan dasar (*bed rock*) atau *boulder* yang dipecah secara mekanis. Sifat-sifat penting dari agregat yang mempengaruhi kinerja perkerasan aspal, adalah :

- 1) Gradasi
- 2) Bentuk butiran
- 3) Kekerasan
- 4) Keawetan (*durability*)
- 5) Tekstur permukaan
- 6) Kebersihan
- 7) Penyerapan
- 8) Adehisi
- 9) Tahanan gelincir/kekesatan.

2.3 Semen Aspal (*Asphalt Cement, AC*)

Semen aspal adalah aspal yang diolah untuk memenuhi syarat sebagai bahan-bahan, seperti : perkerasan, atap, industri, dan maksud-maksud khusus yang lain. Semen aspal pada temperatur ruang, yaitu sekitar 20°-30°C berbentuk padat dan untuk membuat aspal menjadi cair, maka dipanaskan. Dalam masalah perkerasan jalan, semen aspal ini merupakan material semi-padat yang dibuatkan untuk membuat aspal panas (*hot mix*), untuk perawatan permukaan perkerasan, lapisan penutup (*seal coat*) dan pengisi retakan (*crack filling*). Macam-macam sistem digunakan untuk menspesifikasikan semen aspal dengan kekerasannya (*hardness*), kekentalan (*viscosity*), dan karakteristik kinerja yang diinginkan. Bahan tambah atau perubah dapat dikombinasikan dengan semen aspal untuk merubah sifatnya. Kekentalan (*viscosity*) adalah suatu ukuran kemampuan aspal untuk mengalir pada temperatur yang diberikan. Aspal semakin kaku, jika kekentalanya semakin tinggi.

Pengelompokan semen aspal dilakukan berdasarkan nilai penetrasi pada temperatur 25°C atau berdasarkan kekentalannya. Penetrasi menyatakan kekerasan relatif atau konsistensi dari suatu semen aspal yang diukur dari kedalaman jarum standar terpenetrasi secara vertikal kedalam aspal pada temperatur, beban dan waktu yang diketahui. Uji penetrasi dilakukan dengan

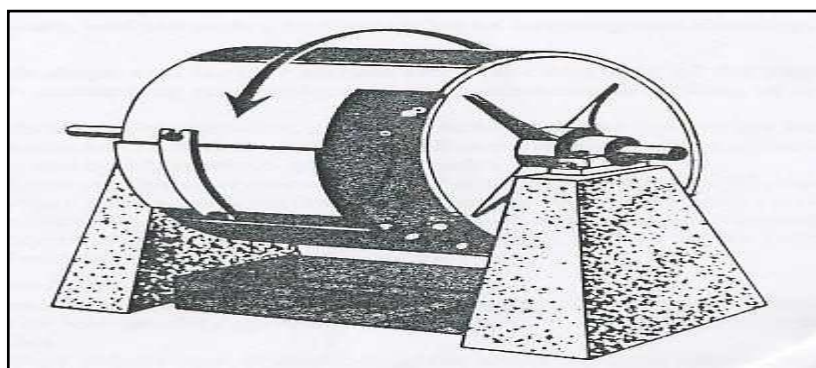
cara mempenetrasikan jarum standar yang dibebani sebesar 100 gram diatas benda uji standar aspal pada temperatur 25°C. Kedalaman jarum berpenetrasi selama 5 detik di ukur. Jika nilai penetrasi rendah maka, maka menunjukkan aspal lebih kental atau benda uji aspal termasuk keras.

Di Indonesia, semen aspal (AC) biasanya dibedakan atas nilai penetrasinya, sebagai berikut : AC pen 60/70, yaitu semen aspal dengan penetrasi 60-70. Semen aspal dengan penetrasi rendah digunakan di daerah yang bercuaca panas dan dengan volume lalu-lintas tinggi, sedangkan dengan aspal penetrasi tinggi digunakan di daerah bercuaca dingin atau volume lalu-lintas rendah.

2.4 Abrasi

2.4.1 Pengertian Abrasi

Abrasi atau keausan agregat adalah proses penghancuran atau pecahnya agregat dalam hal ini agregat kasar akibat proses mekanis seperti gaya-gaya yang terjadi selama proses pelaksanaan pembuatan jalan (penimbunan, penghamparan, pemadatan), pelayanan terhadap beban lalu-lintas dan proses kimiawi, seperti pengaruh kelembaban, kepanasan, dan perubahan suhu sepanjang hari (Sukirman, 2003). Nilai abrasi adalah nilai yang menunjukkan daya tahan agregat kasar terhadap penghancuran (degradasi) akibat dari beban mekanis. Nilai abrasi ditentukan dengan melakukan percobaan abrasi (*Abration Los Angeles Test*) di laboratorium dengan menggunakan alat abrasi Los Angeles.



Gambar 2.1 Mesin Abrasi Los Angels

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

gaya-gaya yang terjadi selama proses pelaksanaan perkerasan jalan (penimbunan, penghamparan, dan pemadatan), pelayanan terhadap beban lalu lintas, dan proses kimiawi, seperti pengaruh kelembaban, kepanasan, dan perubahan suhu sepanjang hari (Sukirman, 2003).

Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat degradasi yang terjadi sangat ditentukan oleh jenis agregat, gradasi campuran, ukuran partikel, bentuk agregat, dan besarnya energi yang dialami oleh agregat tersebut (Sukirman, 2003).

Kekerasan agregat adalah ketahanannya terhadap gradasi dan degradasi. degradasi dapat terjadi selama pengolahan dan pemadatan campuran beraspal. Kekerasan agregat diukur dari persen kehilangan material selama dilakukan uji abrasi (*Los Angeles Abrasion test*). Lapisan permukaan lebih berhubungan langsung dengan lalu-lintas daripada lapisan pondasi. Uji abrasi *Los Angeles* mengukur tahanan agregat kasar terhadap degradasi akibat abrasi dan tumbukan. Tetapi pengamatan dilapangan telah menunjukkan bahwa tidak selalu terdapat hubungan yang baik antara abrasi *Los Angeles* dan kinerja. (Hary Christady Hardiyatmo, 2011).

Pemeriksaan nilai abrasi dilakukan sesuai dengan SNI-03-2417-1991 atau ASSTHO T 96-87. Gaya mekanis pada pemeriksaan dengan alat abrasi *Los Angeles* diperoleh dari bola-bola baja yang dimasukkan bersama dengan agregat yang hendak diuji (Sukirman, 2003). Agregat yang telah disiapkan sesuai gradasi dan berat yang telah ditetapkan, dimasukkan bersama bola-bola baja kedalam mesin *Los Angeles*, lalu diputar dengan kecepatan 30-33 rpm selama 500 putaran. Nilai akhir (nilai abrasi) dinyatakan dalam persen yang merupakan hasil perbandingan antara berat benda uji semula dikurangi berat benda uji tertahan saringan No. 12 dengan berat benda uji semula.

Semakin besar nilai abrasi agregat, maka kinerja campuran beton aspal akan semakin menurun. Salah satu indikatornya adalah nilai stabilitas, dimana nilai stabilitas cenderung mengalami penurunan dengan semakin besarnya nilai abrasi. Nilai maksimum abrasi agregat yang disyaratkan dapat diperlihatkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.1 Syarat Nilai Abrasi Maksimum

Pengujian		Standar	Nilai
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC bergradasi kasar	SNI 2417 : 2008	Maks. 30 %
	Semua Jenis Campuran Aspal bergradasi lainnya		Maks. 40 %

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010

2.4.2 Cara Pengujian Abrasi

Pengujian dilaksanakan dengan cara sebagai berikut :

1. Pengujian ketahanan agregat kasar terhadap keausan dapat dilakukan dengan salah satu dari 7 (tujuh) cara berikut :
 - a). Cara A (gradasi A) yaitu bahan lolos 37,5 mm sampai tertahan 5 mm. Jumlah bola baja 12 buah dengan 500 putaran.
 - b). Cara B (gradasi B), yaitu bahan lolos 19 mm sampai tertahan 9,5 mm. Jumlah bola 11 buah dengan 500 putaran.
 - c). Cara C (gradasi C), yaitu bahan lolos 9,5 mm sampai tertahan 4,75 mm. (no 4), jumlah bolah 8 buah dengan 500 putaran.
 - d). Cara D (gradasi D) , yaitu bahan lolos 4,75 mm (no. 4) sampai tertahan 2,36 mm. (no. 8). Jumlah bolo 6 buah dengan 500 putaran.
 - e). Cara E (gradasi E) , yaitu bahan lolos 75 mm sampai tertahan 73,5 mm. Jumlah bola 12 buah dengan 1000 putaran.
 - f). Cara F (gradasi F) , yaitu bahan lolos 50 mm sampai tertahan 25 mm. Jumlah bola 12 buah dengan 1000 putaran.
 - g). Cara G (gradasi G) , yaitu bahan lolos 37,5 mm sampai tertahan 19 mm. Jumlah bola 12 buah dengan 1000 putaran.

Bila tidak ditentukan cara yang harus dilakukan, maka pemilihan gradasi disesuaikan dengan contoh material yang merupakan wakil dari material yang akan digunakan.

2. Benda uji dan bola baja dimasukkan kedalam mesin Abrasi *Los Angeles*.
3. Putar mesin dengan kecepatan 30 sampai dengan 33 rpm. Jumlah putaran gradasi A, B, C, dan D 500 putaran dan untuk gradasi E, F, dan G 1000 putaran.
4. Setelah selesai putaran, keluarkan benda uji dari mesin kemudian saring dengan saringan no. 12 (1,7 mm), butiran yang tertahan diatasnya dicuci bersih. Selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap.

2.5 Gradasi dan Bentuk Partikel

Agregat merupakan hal yang paling penting dalam campuran beraspal, karena akan memberikan kontribusi kinerja dari perkerasan aspal. Bentuk butiran mungkin kubikal, panjang, pipih atau bulat. Gradasi yang baik dan bentuk butiran yang bergerigi/tak beraturan, umumnya mempunyai tahanan geser yang tinggi.

Campuran aspal dari agregat bulat mudah berdeformasi dan tidak cocok untuk perkerasan dengan Volume lalu-lintas tinggi atau lalu-lintas dengan beban berat. Terdapat tiga kategori gradasi butiran (Hary Christady Hardiyatmo, 2011) :

1. Gradasi baik (*well graded*) atau gradasi padat (*dense graded*), yaitu gradasi butiran yang variasi ukuran butirannya mempunyai ukuran terbesar maupun terkecil, sehingga menghasilkan campuran yang padat dan mempunyai stabilitas tinggi.
2. Gradasi senjang (*gap grade*) atau gradasi terbuka (*open grade*), yaitu gradasi butiran yang variasi ukuran butirannya tidak mempunyai satu atau lebih ukuran butiran tertentu.
3. Gradasi seragam (*uniform grade*), yaitu gradasi butiran yang ukuran butirannya seragam atau hampir sama.

Tabel 2.2 Amplop Gradasi Agregat Gabungan untuk Campuran Aspal

Ukuran Ayakan (mm)	% Berat yang Lolos Terhadap Total Agregat dalam Campuran			
	Lataston (HRS)			
	Gradasi Halus		Gradasi Kasar ¹	
	WC	Base	WC	Base
37,5				
25				
19	100	100	100	100
12,5	90 – 100	90 – 100	87 – 100	90 – 100
9,5	75 – 85	65 – 90	55 – 88	55 – 70
4,75				
2,36	50 – 72 ³	35 - 55 ³	50 – 62	32 – 44
1,18				
0,600	35 - 60	15 – 35	20 – 45	15 – 35
0,300			15 – 35	5 – 35
0,150				
0,075	6 – 10	2 – 9	6 – 10	4 – 8

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010

2.6 Lapis Tipis Aspal Beton (HRS)

Lataston (Lapis Tipis Aspal Beton) atau HRS (*Hot Roll Sheet*) yang terdapat dalam Manual Pemeliharaan Jalan pada buku Petunjuk Pelaksanaan Lataston, merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran antara agregat bergradasi senjang atau timpang (gradasi butiran yang variasi ukuran butirannya

tidak mempunyai satu atau lebih ukuran butiran tertentu), filler dan aspal keras dengan perbandingan tertentu yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas (dalam suhu tertentu minimum 124°C) dengan ketebalan padat 2,5 cm atau 3 cm.

Lataston mempunyai fungsi sebagai lapis penutup untuk mencegah masuknya air dari permukaan kedalam konstruksi perkerasan sehingga dapat mempertahankan kekuatan konstruksi sampai tingkat tertentu. Lataston mempunyai sifat-sifat seperti kedap air, kekenyalan yang tinggi, awet dan dianggap tidak mempunyai nilai struktural. Lataston umumnya dilaksanakan pada jalan yang telah beraspal dengan ketentuan jalan yang stabil dan rata atau dibuat rata dan jalan yang mulai retak-retak atau mengalami degradasi permukaan.

2.7 Prosedur Perancangan Campuran

Perancangan campuran aspal untuk perkerasan jalan biasanya meliputi: pemilihan-pemilihan agregat, aspal dan bahan tabah yang digunakan, pengujian campuran aspal dengan berbagai macam perbandingan bahan campuran dan pemilihan bahan campuran optimum yang memberikan kinerja yang baik selama masa pelayanan. Idealnya, campuran harus disiapkan dan diuji pada kepadatan yang mendekati sama dengan kepadatan campuran pada saat dihamparkan di lapangan. Prosedur perancangan campuran biasanya meliputi :

1. Persiapan dan pemadatan pencampuran aspal di laboratorium untuk mensimulasikan kondisi lapangan.
2. Penentuan sifat-sifat benda uji yang telah dipadatkan di laboratorium.
3. Penentuan campuran optimum rancangan yang didasarkan pada sifat-sifat benda uji.

Perbedaan cara perancangan campuran :

1. Alat dan cara digunakan dalam persiapan dan pemadatan benda uji campuran aspal.
2. Sifat-sifat benda uji didapatkan yang diteliti.
3. Kriteria yang digunakan dalam memilih campuran optimum rancangan.

Salah satu cara untuk menentukan campuran optimum rancangan adalah metode *Marshall*, yang pertama kali ditemukan oleh *Bruce Marshall*. Metode *Marshall* yang pada awalnya digunakan untuk perancangan perkerasan di bandara. Namun, dalam perkembangannya, *U.S.Corp of Engineer* telah

menambahkan beberapa segi dalam melakukan perancangan campuran optimum.

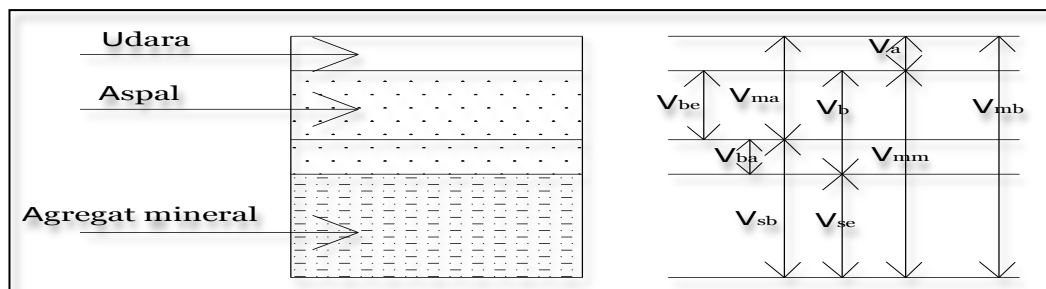
2.8 Karakteristik atau Hubungan - hubungan Volume dalam Campuran Aspal

Kinerja campuran aspal panas sangat bergantung pada karakteristik volumetrik dan karakteristik *Marshall*, yang terdiri dari parameter-parameter : stabilitas, kepadatan, rongga didalam agregat mineral (*voids in the mineral agregat, VMA*), rongga didalam campuran (*voids in the mix, VIM*), kelelahan (*flow*) dan *Marshall Quotient* (MQ) yang telah disyaratkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.3 Sifat-sifat Campuran Lataston

Sifat-sifat Campuran		Lataston			
		Lapis Aus		Lapis Pondasi	
		Senjang	Semi Senjang	Senjang	Semi Senjang
Kadar Aspal Efektif (%)	Min	5,9	5,9	5,5	5,5
Penyerapan Aspal (%)	Maks.	1,7			
Jumlah Tumbukan Per Bidang		75			
Rongga Dalam Campuran (%)	Min	4,0			
	Maks.	6,0			
Rongga Dalam Agregat VMA (%)	Min	18		17	
Rongga Terisi Aspal (%)	Min	68			
Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	Min	800			
Pelelehan (mm)	Min	3			
<i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)	Min	250			
Stabilitas <i>Marshall</i> Sisa (%) Setelah Perendaman Selama 24 Jam, 60 °C	Min	90			
Rongga Dalam Campuran (%) Pada Kepadatan Membal (Refusal)	Min	3			

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010



Gambar 2.2 Hubungan-hubungan Volume dalam Campuran Aspal Padat

Sumber : Hardiyatmo, Hary, 2011

Keterangan :

V_{ma} = volume rongga dalam agregat mineral

V_{mb} = volume bulk campuran dipadatkan

V_{mm} = volume tanpa rongga campuran perkerasan

V_a = volume rongga udara

V_b = volume aspal

V_{ba} = volume aspal terserap

V_{be} = volume efektif aspal

V_{sb} = volume agregat mineral (berat jenis bulk)

V_{se} = volume agregat mineral (berat jenis efektif)

2.9 Formula Pemeriksaan Agregat

Formula perhitungan pemeriksaan agregat dapat dilihat dalam persamaan di bawah ini :

2.9.1 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Perhitungan berat jenis dan penyerapan agregat kasar diberikan sebagai berikut :

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

$$\frac{B_k}{B_j - B_a} \dots \dots \dots (2.1)$$

b) Berat jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface dry*)

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

c) Berat jenis semu

$$\frac{B_k}{B_k - B_a} \dots \dots \dots (2.3)$$

d) Penyerapan

$$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\% \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan :

B_k = berat benda uji kering oven (gram)

B_j = berat benda uji kering permukaan jenuh (gram)

B_a = berat benda uji kering permukaan jenuh didalam air (gram)

2.9.2 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Perhitungan berat jenis dan penyerapan agregat halus diberikan sebagai berikut :

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

$$\frac{B_k}{(B+500-B_t)} \dots\dots\dots(2.5)$$

b) Berat jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface dry*)

$$\frac{500}{(B+500-B_t)} \dots\dots\dots(2.6)$$

c) Berat jenis semu

$$\frac{B_k}{(B+B_k-B_t)} \dots\dots\dots(2.7)$$

d) Penyerapan

$$\frac{(500-B_k)}{B_k} \times 100\% \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

- B_k = berat benda uji kering oven (gram)
- B_t = berat piknometer berisi air (gram)
- B_t = berat piknometer berisi benda uji dan air (gram)
- 500 = berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gram)

2.9.3 Keausan atau Abrasi Agregat Kasar

Perhitungan keausan dapat dilihat pada persamaan di bawah ini.

$$\frac{a-b}{a} \times 100\% \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan :

- a = Berat benda Uji semula (gram)
- b = Berat benda Uji tertahan saringan No.12 (gram)

2.9.4 Gradasi

Perhitungan analisa saringan atau gradasi dapat disajikan pada persamaan di bawah ini.

$$\% \text{ Tertahan} = \frac{\Sigma \text{ Berat Total}}{\text{Berat Benda Uji}} \dots\dots\dots(2.10)$$

$$\% \text{ Lolos} = 100\% - \% \text{ tertahan} \dots\dots\dots(2.11)$$

2.10 Formula Perhitungan Campuran Aspal Panas

Formula perhitungan campuran aspal panas dapat dilihat dalam persamaan di bawah ini :

2.10.1 Kadar Aspal Total

$$\frac{\text{Berat aspal}}{\text{Berat total campuran}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.12)$$

2.10.2 Kepadatan (ton/m³)

$$\frac{\text{Berat benda uji}}{\text{Volume benda uji}} \dots\dots\dots(2.13)$$

2.10.3 Perkiraan Awal Kadar Aspal Rencana

$$P_b = 0,035 (\%CA)+0,045 (\%FA)+0,18 (\%FF)+\text{konstanta} \dots\dots\dots(2.14)$$

Dengan :

P_b = Perkiraan Kadar aspal rencana awal

CA = Agregat Kasar

FA = Agregat Halus

FF = Bahan Pengisi

Konstanta = kira-kira 1 – 2 untuk Lataston

2.10.4 Berat Maksimum Campuran Beraspal (Gmm)

Gmm diuji dengan metode AASHTO T 209 – 1990.

2.10.5 Berat Jenis Efektif Agregat

$$G_{se} = \frac{P_{mm} - P_b}{\frac{P_{mm} P_b}{G_{mm} G_b}} \dots\dots\dots(2.15)$$

Dengan :

G_{se} = berat jenis efektif agregat

G_{mm} = berat jenis maksimum campuran (metode AASHTO T 209-1990)

P_{mm} = persen berat total campuran (=100)

P_b = kadar aspal berdasarkan berat jenis maksimum campuran yang diuji dengan metode AASHTO T 209-1990

G_b = berat jenis aspal

2.10.6 Berat Jenis Maksimum Campuran dengan Kadar Aspal Campuran yang Berbeda

$$G_{mm} = \frac{P_{mm}}{\frac{P_s P_b}{G_{se} G_b}} \dots\dots\dots(2.16)$$

Dengan :

G_{mm} = berat jenis maksimum

P_{mm} = persen berat terhadap total campuran (=100)

P_s = persen agregat terhadap total campuran

G_{se} = berat jenis efektif agregat

G_b = berat jenis aspal

Pb = kadar aspal total, persen terhadap berat total campuran

2.10.7 Berat Jenis Agregat Curah

$$G_{sb} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \dots + \frac{P_n}{G_n}} \dots \dots \dots (2.17)$$

Dengan :

Gsb = berat jenis agregat curah

P₁, P₂, P_n = presentasi masing-masing fraksi agregat

G₁, G₂, G_n = berat jenis masing-masing fraksi agregat

2.10.8 Penyerapan Aspal

$$P_{ba} = 100 \frac{G_{se} - G_{sb} + \dots + P_n}{G_{sb} G_{se}} G_b \dots \dots \dots (2.18)$$

Dengan :

Pba = penyerapan aspal

Gse = berat jenis efektif agregat

Gsb = berat jenis curah agregat

Gb = berat jenis aspal

2.10.9 Kadar Aspal Efektif

$$P_{be} = P_b - \frac{P_{ba}}{100} P_s \dots \dots \dots (2.19)$$

Dengan :

Pbe = kadar aspal efektif, persen terhadap berat total campuran

Pb = kadar aspal total, persen terhadap berat total campuran

Ps = persen agregat terhadap total campuran

Pba = penyerapan aspal, persen terhadap berat agregat

2.10.10 Rongga diantara Mineral Agregat

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}} \dots \dots \dots (2.20)$$

Dengan :

VMA = rongga diantara mineral agregat, persen terhadap volume total campuran

Gsb = berat jenis curah agregat

Gmb = berat jenis curah campuran padat (AASHTO T - 166)

Ps = persen agregat terhadap berat total campuran

Pb = kadar aspal total, persen terhadap berat total campuran

2.10.11 Rongga didalam Campuran

$$VIM=100 \frac{G_{mm}-G_{mb}}{G_{mm}} \dots\dots\dots(2.21)$$

Dengan :

VIM = rongga didalam campuran, persen terhadap volume total campuran

Gmb = berat jenis curah campuran padat (ASTHO T-166)

Gmm = berat jenis maksimum campuran

2.10.12 Rongga Terisi Aspal

$$VFB= \frac{100(VMA-VIM)}{VMA} \dots\dots\dots(2.22)$$

Dengan :

VBA = rongga terisi aspal, persen terhadap VMA

VMA = rongga diantara mineral agregat, persen terhadap volume total campuran

VIM = rongga didalam campuran, persen terhadap volume total campuran

2.10.13 Stabilitas (kg)

Pembacaan arloji tekan dikalikan dengan hasil kalibrasi cincin pengujian serta angka korelasi beban (tabel 2.2).

2.10.14 Kelelehan (mm)

Dibaca pada arloji pengukuran kelelehan.

2.10.15 MQ (Hasil Bagi Marshall)

$$MQ= \frac{MS}{MF} \dots\dots\dots(2.23)$$

Dengan :

MQ = Marshall Quotient (Kg/mm)

MS = Marshall Stability (Kg)

MF = Flow Marshall

Tabel 2.4 Rasio Kolerasi Stabilitas

Isi Benda Uji (Cm³)	Tabel Benda Uji (mm)	Angka Koreksi
(a)	(b)	(c)
200 – 213	25,4	5,56
214 – 225	27,0	5,00
226 – 237	28,6	4,55
238 – 250	30,2	4,17
251 – 264	31,8	3,85
265 – 276	33,3	3,57
277 – 289	34,9	3,33
290 – 301	35,5	3,03
302 – 316	38,1	2,78
317 – 328	39,7	2,50
329 – 340	41,3	2,27
341 – 353	42,9	2,08
354 – 367	44,4	1,92
368 – 379	46,0	1,79
380 – 392	47,6	1,67
393 – 405	49,2	1,56
406 – 420	50,8	1,47
421 – 431	52,4	1,39
432 – 443	54,0	1,32
444 - 456	55,6	1,25
457 - 470	57,2	1,19
471 – 482	58,7	1,14
483 – 495	60,3	1,09
496 – 508	61,9	1,04
509 – 522	63,5	1,00
523 – 535	65,1	0,96
536 – 546	66,7	0,93
547 – 55	68,3	0,89
560 – 574	69,9	0,86
574 – 585	71,4	0,83
586 – 598	73,0	0,81
599 – 610	74,6	0,78
911 – 625	76,2	0,76

Sumber : Pembacaan Arloji RSNI M -01 2003

