

BAB II

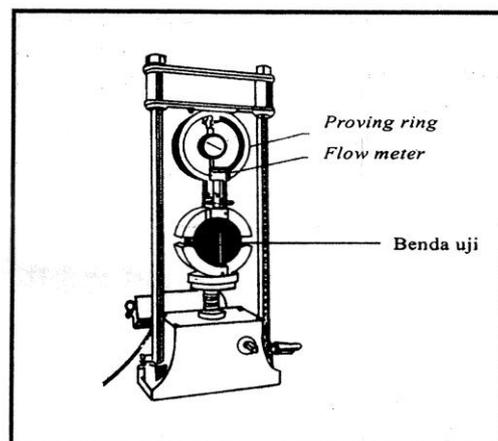
LANDASAN TEORI

2.1. Metode Marshall

Perencanaan campuran dengan metode Marshall dimulai dari kadar aspal efektif yang tetap sesuai dengan yang telah ditetapkan dalam spesifikasi. Pencampuran agregat yang tersedia di lokasi divariasikan untuk dapat memenuhi syarat rongga udara, tebal selimut aspal, stabilitas.

Jadi pada metode ini rongga udara merupakan kriteria pokok bersama dengan kadar aspal efektif yang akhirnya menentukan tebal selimut aspal yang terjadi. Karena bertitik tolak dari rongga udara dan selimut aspal maka campuran dengan metode ini mempunyai sifat durabilitas yang tinggi sehingga sering disebut sebagai campuran aspal dengan durabilitas tinggi.

Alat Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin pengujian) berkapasitas 22,2 KN (5000 lbf) dan *flow meter*. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas sedangkan *flow meter* berfungsi mengukur kelelahan plastis atau *flow*. Benda uji Marshall berbentuk silinder berdiameter 4 inci (10,2 cm) tinggi 2,5 inci (6,35 cm). Pengujian Marshall dimaksudkan untuk menguji kinerja beton aspal padat.

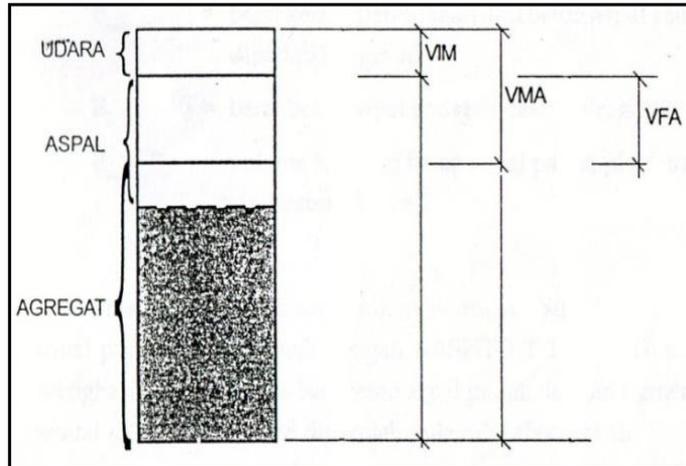


Gambar 2.1 Alat Marshall

Sumber : Sukirman, 2003

2.1.1. Parameter - Parameter Marshall

- a) Stabilitas
Stabilitas merupakan kemampuan maksimum beton aspal padat untuk menerima beban sampai terjadi kelelahan plastis.
- b) Kelelahan Plastis (*flow*)
Kelelahan plastis atau *flow*, yaitu perubahan bentuk plastis dari beton aspal padat akibat adanya beban sampai batas keruntuhan.
- c) Volume Pori Beton Aspal Padat (*Void In Mix/VIM*)
Merupakan volume pori yang masih tersisa setelah campuran beton aspal dipadatkan. VIM dibutuhkan sebagai tempat bergesernya butir-butir agregat akibat pemadatan tambahan yang terjadi oleh repetisi beban lalu lintas atau tempat jika aspal menjadi lunak akibat meningkatnya temperatur. VIM yang terlalu besar akan mengakibatkan beton aspal padat berkurang kedekatan airnya sehingga berakibat meningkatnya proses oksidasi aspal yang dapat mempercepat penuaan aspal menurunkan sifat durabilitas beton aspal sedangkan VIM yang terlalu kecil akan mengakibatkan perkerasan mengalami *bleeding* jika temperatur meningkat.
- d) Volume Pori diantara Butir Agregat Campuran (*Void in the Mineral Aggregate/VMA*)
VMA merupakan volume pori di dalam beton aspal jika seluruh selimut aspal ditiadakan. Tidak termasuk didalam VMA volume pori didalam butir-butir agregat. Nilai VMA akan meningkat jika selimut aspal lebih tebal.
- e) Volume Pori Beton Aspal Padat yang Terisi oleh Aspal (*Volume of Voids Filled with Asphalt/VFA*). VFA merupakan volume pori beton aspal padat yang terisi oleh aspal atau volume film/selimut aspal.
- f) *Marshall Quotient* (MQ)
Marshall Quotient merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan *flow*. Nilai MQ akan memberikan nilai fleksibilitas campuran. Semakin besar nilai MQ berarti campuran semakin kaku, sebaliknya bila semakin kecil nilainya maka campuran semakin lentur. Nilai MQ dipengaruhi oleh stabilitas dan *flow*. Nilai MQ diisyaratkan minimal 250 kg/mm. Nilai MQ dibawah 250 kg/mm mengakibatkan perkerasan mudah mengalami *wasboarding*, *ruting*, dan *bleeding*.



Gambar 2.2 Skema Volume Beton Aspal

Sumber : Sukirman, 2003

2.2. Lapis Aspal Beton (LASTON)

Menurut Bina Marga 2007, aspal beton merupakan campuran yang homogen antara agregat (agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi/*filler*) dan aspal sebagai bahan pengikat yang mempunyai gradasi tertentu, dicampur, dihamparkan, dan dipadatkan pada suhu tertentu untuk menerima beban lalu lintas yang tinggi. Aspal Beton (*Asphalt Concrete*) di Indonesia dikenal dengan laston (lapisan aspal beton) yaitu lapis permukaan struktural atau lapis pondasi atas. Campuran Beraspal Panas, Laston (AC) yang umum dikenal terdiri dari tiga jenis yaitu laston lapis pondasi (*Asphalt Concrete-Base atau AC-Base*), laston lapis permukaan antara (*asphalt concrete-binder course atau AC-Binder*), dan laston lapis aus (*Asphalt Concrete-Wearing Course atau AC-WC*) dengan ukuran butir maksimum ketiganya secara berturut-turut adalah 1½ inch (37,5 mm), 1,0 inch (25,4 mm), dan ¾ inch (19,0 mm).

Asphalt Concrete-Wearing Course merupakan lapisan perkerasan yang terletak paling atas dan berfungsi sebagai lapisan aus. Walaupun bersifat non-struktural, AC-WC dapat menambah daya tahan perkerasan terhadap penurunan mutu sehingga secara keseluruhan menambah masa pelayanan dari konstruksi perkerasan.

Asphalt Concrete-Binder Course merupakan lapisan perkerasan yang terletak dibawah lapisan aus (*Wearing Course*) dan diatas lapisan pondasi(*base course*). Lapisan ini tidak berhubungan langsung dengan cuaca tetapi harus mempunyai ketebalan dan kekakuan yang cukup untuk mengurangi tegangan atau regangan akibat beban lalu lintas yang akan diteruskan ke lapisan bawahnya yaitu *Base* dan *subgrade* (tanah dasar).

Asphalt Concrete-Base (AC-Base) merupakan perkerasan yang terletak dibawah lapis pengikat (AC-BC), perkerasan tersebut tidak berhubungan langsung dengan cuaca tetapi perlu memiliki stabilitas untuk menahan beban lalu lintas yang disebarkan melalui roda kendaraan. Perbedaan terletak pada jenis gradasi agregat dan kadar aspal yang digunakan. Menurut Departamen Pekerjaan Umum (1983) Lapisan Pondasi Atas (AC-Base) merupakan pondasi perkerasan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal dengan perbandingan tertentu dicampur, dan dipadatkan dalam keadaan panas. Lapis Pondasi (AC-Base) mempunyai fungsi memberi dukungan pada lapis permukaan untuk mengurangi regangan dan tegangan pada saat menyebarkan dan meneruskan beban konstruksi jalan dibawahnya (*subgrade*).

Campuran laston lebih peka terhadap variasi kadar aspal dan variasi gradasi agregat dibanding dengan campuran untuk Laston (HRS). Laston dapat digunakan untuk lapis permukaan, lapis antara, dan lapisan pondasi pada jalan dengan lalu-lintas ringan sampai lalu-lintas berat. Perbedaan utama dari ketiga jenis campuran laston adalah pada ukuran butir maksimum yang digunakan. Pemilihan ukuran butir maksimum disesuaikan dengan rencana tebal penghamparan padat minimum setebal 2 kali ukuran butir maksimum untuk menjamin tekstur permukaan dan ikatan antar butir yang baik. Ketebalan nominal minimum masing-masing 4 cm, 6 cm, dan 7,5 cm. Untuk lapis permukaan diperlukan tekstur yang lebih rapat sehingga lebih kedap terhadap air dan memberi kekesatan yang cukup.

Menurut Spesifikasi Bina Marga (1987), Lapis Aspal Beton (Laston) merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras, dicampur, dihampar, dipadatkan dalam keadaan panas. Adapun maksud dan tujuan pembuatan 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.

Adapun beberapa fungsi laston yaitu :

1. Sebagai pendukung beban lalu lintas.
2. Sebagai pelindung konstruksi jalan dari kerusakan akibat pengaruh air dan cuaca.
3. Sebagai lapis aus.
4. Menyediakan permukaan jalan yang rata.

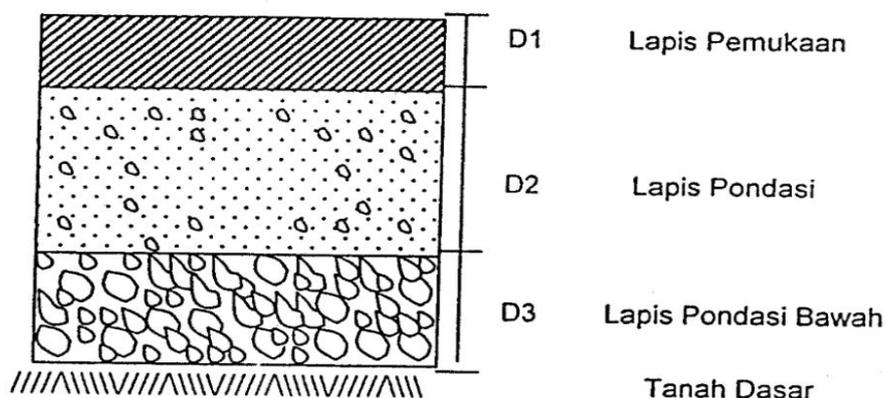
Adapun beberapa sifat laston yaitu :

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

Bagian-bagian perkerasan jalan adalah lapis-lapis material yang dipilih dan dikerjakan menurut spesifikasi tertentu dan berfungsi untuk menyebarkan beban roda kendaraan sedemikian rupa, sehingga dapat ditahan oleh tanah dasar, dalam batas daya dukungnya.

Umumnya perkerasan jalan terdiri dari:

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



Gambar 2.3. Susunan Lapisan Perkerasan Jalan Raya
Sumber : Departamen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2002

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 penahapan konstruksi, agar dicapai manfaat sebesar-besarnya dari biaya yang dikeluarkan.

2.3. Komponen Campuran Laston *Asphalt Concrete* – *Wearing Course*

Laston terdiri dari campuran aspal keras agregat yang bergradasi menerus yang kemudian dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Yang dimaksud dengan agregat bergradasi menerus yaitu suatu komposisi yang menunjukkan pembagian butiran yang merata mulai dari ukuran yang terbesar sampai yang terkecil. Bahan untuk campuran laston terdiri dari Agregat kasar (*course aggregate*), Agregat halus (*fine aggregate*), Bahan pengisi (*filler*), dan Aspal, sebagai bahan pengikat

2.3.1. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat yang tertahan saringan no.8 atau 2,36 mm. Fungsi agregat kasar adalah untuk memberikan kekuatan campuran karena permukaannya yang kasar, tidak bulat atau mempunyai bidang pecah, dapat menjadi pengunci yang baik dengan material yang lain. Agregat kasar terdiri dari batu pecah atau kerikil pecah. Ketentuan yang harus dipenuhi oleh agregat kasar menurut spesifikasi Bina Marga 2010 revisi II dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. 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 <i>Asphalt Concrete</i> bergradasi kasar	SNI 2417 : 2008	Max 30 %
	Semua jenis campuran aspal bergradasi		Max 40 %
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 03-2439-2011	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 : Silvia Sukirman. Perkerasan Lentur Jalan Raya,1999.

2.3.2. Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat yang lolos saringan no. 8 atau 2,36 mm. Agregat halus terdiri dari pasir bersih, pasir batu, batu-batuan halus hasil pemecahan batu. Persentase pasir maksimum yang disyaratkan untuk campuran laston adalah 15 %. Adapun ketentuan agregat halus menurut spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi II dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03 – 4428 – 1997	Min 60 %
Kadar Lempung	SNI 3423 : 2008	Maks. 1 %
Angularitas (kedalaman dari permukaan <10 cm)	SNI 03 – 6877 – 2002	Maks. 1 %
Angularitas (kedalaman dari permukaan ≥10 cm)		Maks. 10%

Sumber : Buku Spesifikasi, Bina Marga, Tahun 2010 Revisi II

2.3.3. Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi adalah prosentase berat dari campuran keseluruhan material yang lolos saringan No. 200. Apabila menggunakan bahan pengisi yang terlalu banyak akan mengakibatkan campuran menjadi rapuh dan kering serta mudah retak. Apabila aspal yang berlebihan maka campuran menjadi lembek dan sulit dipadatkan. Bahan pengisi harus kering dan bebas dari gumpalan – gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan secara basah harus mengandung bahan yang lolos ayakan No. 200. Bahan yang dapat digunakan sebagai bahan pengisi antara lain : abu batu, abu batu kapur, kapur padam, semen atau bahan non plastis lainnya.

2.3.4. Aspal

Aspal adalah material perekat yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat bersifat termoplastis, artinya aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu dan kembali membeku jika temperaturnya turun. Bersama dengan agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan. Bahan pengikat yang dipergunakan adalah aspal keras dengan penetrasi 60/70 produksi Pertamina.

Kandungan aspal yang berlebihan pada campuran laston akan mengakibatkan campuran akan menjadi sangat lembek sehingga pada saat pemadatan sulit untuk mendapatkan lapisan yang stabil. Namun penggunaan aspal yang kurang akan mengakibatkan campuran menjadi kaku dan retak-retak pada saat pemadatan. Persyaratan Aspal Keras Penetrasi 60 dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Pada pengujian laboratorium, terutama untuk pengujian yang menggunakan metode Marshall penentuan kadar aspal dilakukan sebanyak dua kali. Penentuan pertama adalah dengan menggunakan rumus yang bertujuan untuk membuat rancangan campuran sedangkan penentuan kedua adalah menentukan kadar aspal optimum. Kadar aspal optimum hanya dapat ditentukan lewat pengujian laboratorium terhadap parameter *Marshall*.

Tabel 2.3 Ketentuan-ketentuan untuk Aspal Keras

No	Jenis Pengujian	Metode	Persyaratan
1	Penetrasi, 25 °C, (0.1 mm)	SNI 06 - 2456 – 1991	60 – 70
2	Viskositas 135 °C (cSt)	AASHTO T201-03	≥ 300
3	Titik Lembek (°C)	SNI 06 - 2434 – 1991	≥ 48
4	Indeks Penetrasi ⁽²⁾	-	≥ -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 Trichoroethylele (%)	AASHTO T44-03	≥ 99
8	Berat Jenis	SNI 06 - 2441- 1991	≥ 1,0
9	Stabilitas Penyimpanan (°C)	ASTM D5976 part 6.1	-
Pengujian Residu hasil TFOT (SNI-06-2440-1991) atau RTFOT (SNI-03-6835-2002) :			
10	Berat yang hilang (%)	SNI 06 - 2441 – 1991	≤ 0,8
11	Penetrasi pada 25 °C (%)	SNI 06 - 2456 – 1991	≥ 54
12	Indeks Penetrasi ⁽²⁾	-	≥ -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. Buku Spesifikasi, Bina Marga, Tahun 2010 Revisi II

2.4. Gradasi Agregat

Gradasi merupakan salah satu sifat agregat yang berpengaruh terhadap kualitas campuran aspal. Setiap jenis campuran aspal untuk lapisan perkerasan jalan mempunyai gradasi agregat tertentu. Gradasi agregat dikatakan sangat berpengaruh terhadap campuran beraspal panas karena gradasi agregat berfungsi memberikan kekuatan yang akan berpengaruh pada stabilitas dalam campuran dengan kondisi saling mengunci (*interlocking*) dari masing – masing partikel agregat.

Gradasi agregat untuk campuran aspal yang digunakan terdiri dari 3 macam yaitu gradasi seragam, gradasi menerus dan gradasi senjang.

a. Gradasi Seragam

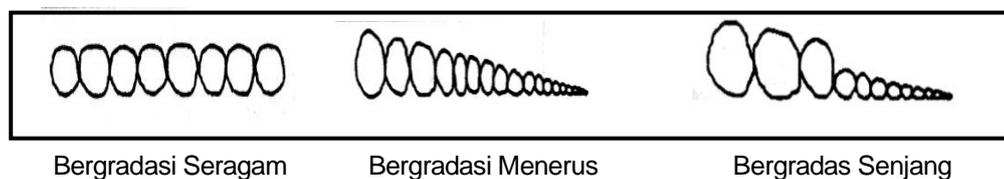
Terdiri dari butir-butir agregat yang berukuran sama atau hampir sama. Campur agregat ini mempunyai pori antar butir yang cukup besar sehingga sering disebut juga agregat bergradasi terbuka. Agregat yang berukuran kecil sangat sedikit sehingga tidak mengisi rongga-rongga yang ada diantara material yang lebih besar.

b. Gradasi Menerus

Gradasi jenis ini mempunyai semua ukuran butiran dari yang paling besar sampai yang paling kecil, sehingga menyebabkan campuran akan menjadi sangat pada karena adanya kondisi saling mengunci (*interlocking*) antara butiran dengan baik. Campuran yang padat ini menyebabkan hanya ada sedikit ruang atau rongga diantara agregat sehingga hanya dapat ditempati oleh bahan pengikat untuk menambah kekuatan campuran. Sifat dari campuran jenis ini yaitu memiliki stabilitas yang tinggi, relatif kaku mempunyai kekesatan yang tinggi.

c. Gradasi Senjang

Gradasi senjang memiliki ukuran butir yang tidak menerus atau ada bagian ukuran yang tidak ada, jika ada hanya sedikit sekali. Campuran bergradasi ini mempunyai rongga yang besar antar butir agregat sehingga aspal yang dipakai cukup banyak untuk mengisi rongga-rongga tersebut. Agregat dengan gradasi senjang akan menghasilkan lapisan perkerasan yang mutunya terletak antara kedua jenis diatas.



Gambar 2.4. Ilustrasi Rentang Ukuran Pada Berbagai Gradasi

Sumber : Sukirman, 2003

Tabel 2.4. Sifat – Sifat Gradasi

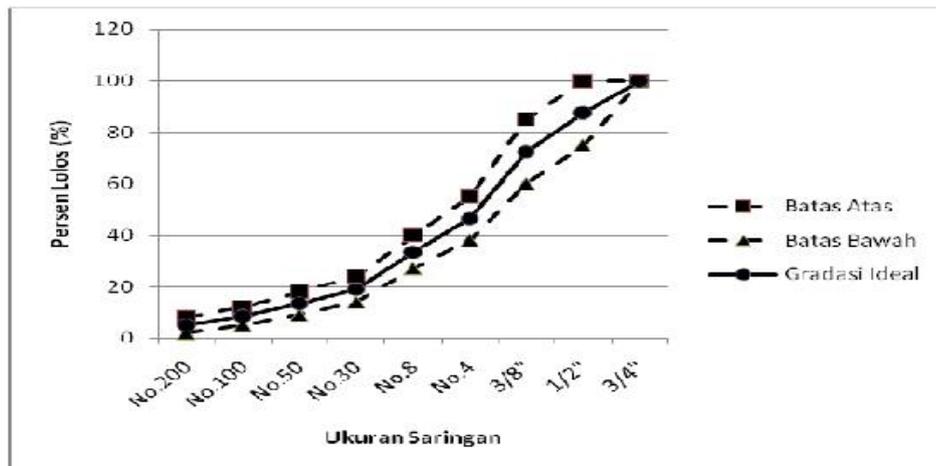
Gradasi Seragam	Gradasi Menerus	Gradasi Senjang
Kontak antar butir baik	Kontak antar butir baik	Kontak antar butir baik
Kepadatan bervariasi	Seragam dan kepadatan tinggi	Seragam tapi kepadatan jelek
Stabilitas dalam keadaan terbatas	Stabilitas tinggi	Stabilitas sedang
Stabilitas dalam keadaan lepas rendah	Kuat menahan deformasi	Stabilitas sangat rendah
Sukar dipadatkan	Sukar sampai sedang untuk memadatkan	Mudah dipadatkan
Tidak dipengaruhi kadar air	Tingkat permeabilitas cukup	Tingkat permeabilitas rendah
Mudah diresapi air	Pengaruh variasi kadar air cukup	Kurang dipengaruhi oleh variasi kadar air

Sumber : Sukirman. Perkerasan Lentur Jalan Raya,1999.

2.4.1. Variasi Gradasi

Gradasi merupakan salah satu sifat agregat yang berpengaruh terhadap kualitas campuran aspal. Campuran Laston dengan variasi gradasi pada batas atas, tengah, dan bawah bertujuan untuk mengetahui nilai parameter Marshall (stabilitas, flow, VIM, VMA, VFB, *Marshall Quotient*) dan mengetahui besarnya kadar aspal optimum yang dihasilkan oleh variasi gradasi agregat. Metode yang digunakan dalam perencanaan campuran aspal beton adalah metode Marshall. Pencampuran agregat yang gradasinya divariasikan adalah untuk memenuhi nilai – nilai parameter Marshall.

Dalam suatu campuran Laston, gradasi campuran agregat mempunyai batas-batas gradasi, meliputi batas gradasi atas (paling halus) dan batas gradasi bawah (paling kasar), dimana pada batas-batas gradasi tersebut memberikan pengaruh yang berbeda-beda terhadap campuran Laston. Semakin ke bawah garis gradasi suatu campuran agregat dalam rentang spesifikasinya, semakin kasar susunan agregatnya. Kondisi ini menghasilkan campuran yang dominan terdiri atas agregat kasar dengan sedikit agregat halus dan filler, begitu pula sebaliknya. Untuk mendapatkan campuran agregat yang baik diusahakan menjaga gradasi campuran agregat berada pada pertengahan rentang spesifikasinya. Batas gradasi tengah merupakan gradasi ideal yang terdiri atas campuran agregat kasar, agregat halus serta *filler* yang sesuai proporsinya. Grafik gradasi campuran dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Grafik Gradasi Campuran

Sumber : Widhiawati, dkk, 2010

2.4.2 Pengaruh Gradasi Terhadap Karakteristik Marshall

Gradasi agregat pada dasarnya sangat mempengaruhi besarnya rongga antar butir yang akan menentukan stabilitas dan akan memberikan kemudahan selama proses pelaksanaan. Gradasi merupakan kondisi agregat an dapat dibentuk untuk mencapai persyaratan yang diinginkan. Untuk gradasi menerus masuk dalam kategori agregat bergradasi baik, sedangkan gradasi senjang masuk dalam kategori agregat bergadasi buruk. Efek pengaruh terhadap karakteristik campuran dapat dilihat pada tabel 2.5 dibawah ini.

Tabel 2.5. Pengaruh Gradasi Terhadap Karakteristik Marshall

Karakteristik	Agregat Bergradasi Buruk	Agregat Bergradasi Baik
Stabilitas	Buruk	Baik
Permeabilitas	Baik	Buruk
Density	Buruk	Baik
VIM	Besar	Kecil
Durabilitas	Buruk	Baik

Sumber : Silvia Sukirman. Beton Aspal Campuran, 2003

2.5. Gradasi Penggabungan Agregat

Penggabungan agregat adalah agregat yang diperoleh dengan cara mencampur secara proporsional fraksi agregat kasar, agregat halus dan abu batu. Proporsi dari masing – masing fraksi dirancang sehingga diperoleh gradasi agregat gabungan yang diinginkan. Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat, metode yang digunakan untuk merancang proporsi campuran adalah dengan metode grafis. Proporsi campuran dari masing – masing fraksi agregat yang diperoleh kemudian harus dicek dan dievaluasi sehingga diperoleh campuran yang memenuhi spesifikasi.

2.5.1 Jenis-Jenis Gradasi

Gradasi atau distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat merupakan hal yang penting dalam menentukan karakteristik perkerasan. Gradasi agregat pada campuran Laston adalah jenis gradasi baik, yaitu campuran agregat dengan ukuran butiran yang terdistribusi merata dalam rentang ukuran butiran. Agregat bergradasi baik disebut juga dengan agregat bergradasi rapat.

Direktorat Jenderal Bina Marga pada spesifikasi umum revisi II menetapkan gradasi gabungan agregat untuk campuran lapis aspal beton dibedakan dalam 2 jenis gradasi yaitu AC-gradasi halus dan AC-gradasi kasar. Laston *Asphalt Concrete*-Gradasi kasar merupakan campuran agregat bergradasi baik yang mempunyai susunan ukuran butiran menerus dari kasar sampai halus tetapi didominasi oleh butiran kasar . Begitu pula sebaliknya, Laston *Asphalt Concrete*-Gradasi halus merupakan campuran agregat bergradasi baik yang mempunyai susunan ukuran menerus dari kasar sampai halus tetapi didominasi oleh butiran halus .

Spesifikasi SNI 2010 Revisi II menetapkan gradasi agregat gabungan dengan spesifikasi campuran laston AC-Gradasi halus dan laston AC-Gradasi Kasar dengan ukuran maksimum 37,5 mm(Saringan dan ukuran saringan terkecil (0,075 mm). Gradasi agregat gabungan untuk campuran Laston dapat dilihat pada tabel 2.6 dibawah ini.

Tabel 2.6. Gradasi Gabungan Agregat Halus dan Kasar Untuk Campuran Laston

Ukuran Ayakan (mm)	% Berat Yang Lolos Agregat Gabungan Total Agregat Dalam Campuran					
	Laston (AC)					
	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 – 64	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 - 11,6
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 : Buku Spesifikasi, Bina Marga, Tahun 2010 Revisi II

Berdasarkan tabel 2.6 diatas, Gradasi gabungan agregat mempunyai spesifikasi gradasi. Spesifikasi gradasi agregat gabungan merupakan nilai rentang gradasi agregat gabungan yang diperbolehkan terjadi dilapangan. Spesifikasi gradasi agregat gabungan meliputi batas atas (paling halus) dan batas bawah (paling kasar). dimana pada batas-batas spesifikasi gradasi agregat gabungan tersebut memberikan pengaruh yang berbeda-beda terhadap karakteristik campuran Laston.

Semakin ke bawah garis gradasi suatu campuran agregat dalam rentang spesifikasinya maka semakin kasar susunan agregatnya. Kondisi ini menghasilkan campuran yang dominan terdiri atas agregat kasar dengan sedikit agregat halus dan bahan pengisi (*filler*). Campuran gradasi kasar terhadap parameter *Marshall* menghasilkan nilai stabilitas, kepadatan dan fleksibilitas (*MQ*) yang rendah karena masih terdapat banyak rongga sehingga penguncian (*interlocking*) antar butir agregat kurang begitu baik. Keadaan ini juga mempunyai rongga diantara campuran (*VIM*) serta jarak

antara butiran agregat (*VMA*) yang besar. Kondisi ini mengakibatkan sifat campuran dengan *impermeabilitas* (kedar air) yang rendah sehingga berakibat pada meningkatnya proses oksidasi aspal yang dapat mempercepat proses penuaan dan menurunkan sifat *durabilitas* (keawetan).

Begitu pula sebaliknya, semakin ke atas garis gradasi suatu campuran agregat dalam rentang spesifikasinya maka semakin halus susunan agregatnya. Kondisi ini menghasilkan campuran yang dominan terdiri atas agregat halus dengan sedikit agregat kasar dan bahan pengisi (*filler*). Campuran gradasi halus terhadap parameter *Marshall* menghasilkan nilai stabilitas, kepadatan dan fleksibilitas (*MQ*) yang tinggi karena adanya penggunaan butiran halus yang lebih sehingga mengisi rongga diantara butiran kasar yang mengakibatkan terjadinya penguncian (*interlocking*) antar butir agregat baik. Keadaan ini juga mempunyai rongga diantara campuran (*VIM*) serta jarak antara butiran agregat (*VMA*) yang kecil. Kondisi ini mengakibatkan sifat campuran dengan *impermeabilitas* (kedar air) yang tinggi sehingga campuran perkerasan memiliki sifat *durabilitas* (keawetan) yang tinggi.

Berdasarkan tabel 2.6 diatas, perbedaan spesifikasi batas atas dan batas bawah untuk campuran Laston *AC-WC* Gradasi Halus dan Laston *AC-WC* Gradasi Kasar paad saringan No. 4 sampai saringan No. 100. Rentang spesifikasi untuk campuran *AC-WC* Gradasi halus lebih tinggi dibandingkan gradasi kasar. Hal ini menunjukkan bahwa persentase penggunaan butiran halus lebih banyak. Sedangkan spesifikasi batas atas- dan batas bawah untuk campuran *AC-WC* Gradasi kasar lebih rendah dibandingkan Gradasi halus sehingga presentase penggunaan butiran halus lebih sedikit sehingga campuran tersebut lebih cenderung bersifat kasar. Untuk mendapatkan campuran agregat yang baik diusahakan menjaga gradasi campuran agregat berada pada pertengahan rentang spesifikasinya. Batas gradasi tengah merupakan gradasi ideal yang terdiri atas campuran agregat kasar, agregat halus serta *filler* yang sesuai proporsinya.

Penentuan distribusi ukuran agregat akan sangat mempengaruhi kepadatan campuran aspal. Gradasi rapat akan menghasilkan campuran dengan kepatan yang lebih besar dengan sedikit rongga diantara butiran jika dibandingkan dengan gradasi terbuka. Dari segi kelelahan, kekakuan adalah suatu hal yang sangat penting karna akan sangat mempengaruhi tegangan dan regangan yang diterima oleh campuran beraspal panas akibat beban lalu lintas.

2.6. Beton Aspal Campuran Panas

Beton aspal campuran panas (*Hot Mix*) adalah beton aspal material pembentuknya dicampur pada suhu pencampuran sekitar 150° C.

Jenis – jenis aspal beton campuran panas adalah sebagai berikut :

1. Latasir (*Sand Sheet*) kelas A dan B

Campuran ini ditujukan untuk jalan dengan lalu lintas ringan, khususnya pada daerah dimana agregat kasar sulit diperoleh. Pemilihan kelas A dan B terutama pada gradasi pasir yang digunakan. Campuran latasir biasanya memerlukan penambahan filler agar memenuhi sifat – sifat yang disyaratkan. Campuran ini mempunyai ketahanan yang rendah terhadap alur, oleh karena itu tidak boleh digunakan dengan lapisan yang tebal, pada jalan dengan lalu lintas berat dan pada daerah tanjakan.

2. Laston (*Asphalt Concrete*)

Laston (Aspal Beton) lebih peka terhadap variasi kadar aspal maupun variasi gradasi agregat dari pada lastaston (*Hot Rolled Sheet*). Aspal beton (*Asphalt Concrete*) terdiri dari tiga macam campuran, laston lapis aus permukaan (*Laston – Wearing Course*), laston lapis pengikat (*Laston – Binder Course*) dan laston lapis pondasi (*Laston – Base Course*) dan ukuran maksimum agregat masing – masing campuran adalah 19 mm, 25 mm dan 37,5 mm.

3. Lastaston (*Hot Rolled Sheet*)

Lastaston (*Hot Rolled Sheet*) mempunyai persyaratan kekuatan yang sama dengan tipikal yang disyaratkan untuk aspal beton konvensional (*Asphalt Concrete*) yang tidak bergradasi menerus tetapi bergradasi senjang.

2.6.1. Persyaratan Campuran Beraspal Laston

Campuran beraspal panas merupakan salah satu jenis dari lapisan konstruksi perkerasan lentur jalan. Jenis perkerasan ini merupakan campuran merata antara agregat dan aspal sebagai bahan pengikat pada suhu tertentu. Untuk mengeringkan agregat dan mendapatkan tingkat kecairan yang cukup dari aspal sehingga diperoleh kemudahan untuk mencampurnya, maka kedua material ini harus dipanaskan terlebih dahulu.

2.6.2. Komposisi Campuran Beraspal Laston

Komposisi campuran beraspal terdiri dari agregat (batu pecah $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, abu batu, pasir) dan aspal yang berfungsi sebagai pengikat. *Filler* atau bahan material yang lolos saringan no.200 ditambah agar bisa menjamin sifat – sifat campuran yang memenuhi ketentuan yang disyaratkan pada Tabel 2.6.

2.6.3. Formula Campuran Rencana (*FCR*)

Tahapan awal untuk membuat suatu formula Campuran Rencana adalah menggabungkan agregat (batu pecah, abu batu, pasir) dengan persentase tertentu untuk mendapatkan suatu agregat gabungan dengan gradasi yang memenuhi spesifikasi yang diberikan dalam Tabel 2.5. Setelah diperoleh gradasi agregat gabungan maka dapat ditentukan fraksi agregat untuk permukaan kadar aspal sebagai berikut :

- a. Fraksi agregat kasar (*CA*) : persen dan total berat campuran dan berat material tertahan pada saringan No. 8.
- b. Fraksi agregat halus (*FA*) : persen dan total berat campuran dan berat material lolos pada saringan No. 8 dan tertahan pada saringan No. 200
- c. Fraksi bahan pengisi (*FF*) : persen dan total berat campuran dan berat material tertahan pada saringan No. 200.

Perkiraan pertama kadar aspal rencana (*Pb*) dapat diperoleh dari rumus :

$$Pb = 0,035 (\% CA) + 0,045 (\% FA) + 0,18 (\% FF) + \text{Konstanta}$$

Dimana :

Pb = kadar aspal perkiraan

CA = agregat kasar tertahan saringan No. 8

FA = agregat halus lolos saringan No.8 dan tertahan saringan No. 200

Filler = agregat lolos saringan No. 200

Kadar aspal rencana dinyatakan dalam persen. Konstanta untuk laston berkisar antara 0,5 – 1,0. Contoh uji dibuat pada kadar aspal ini dengan pembulatan sampai 0,5 % terdekat, fraksi kadar aspal dibuat pada tiga kadar aspal diatas dan dua kadar aspal dibawah dengan perbedaan masing – masing 0,5 %. Contoh : jika hasil perhitungan diperoleh 5,4% maka dibulatkan menjadi 5,5% dan buat contoh uji pada kadar aspal 4,5%, 5,0%, 5,5%, 6,0%, 6,5% dan 7,0%. Dengan demikian akan diperoleh 6 variasi kadar aspal.

2.6.4. Pembuatan Benda Uji

a. Persiapan Campuran

Untuk tiap benda uji diperlukan agregat sebanyak ± 1200 gr sehingga menghasilkan tinggi benda uji kira – kira $6,25 \text{ cm} \pm 0,125 \text{ cm}$ ($2,5 \pm 0,05$). Panaskan panik pencampur beserta agregat kira – kira 28° C diatas suhu pencampur dan aduk sampai merata hingga mencapai suhu 150° C dan ditimbang berat dalam keadaan panas pada timbangan. Tuangkan aspal sebanyak yang dibutuhkan ke dalam agregat yang sudah dipanaskan tersebut. Kemudian di aduk sampai agregat terlapisi dengan aspal secara merata.

b. Pemadatan Benda Uji

Bersihkan perlengkapan cetakan benda uji serta bagian muka penumbuk dan letakan selembat kertas saring yang sudah digunting menurut ukuran cetakan ke dalam dasar cetakan, kemudian masukan campuran ke dalam cetakan dan tusuk campuran dengan spatula yang dipanaskan kemudian lepaskan lehernya dan bentuklah permukaan menjadi cembung dengan senduk. Waktu dipadatkan suhu campuran harus dalam batas suhu pemadatan. Lakukan pemadatan dengan alat penumbuk sebanyak 2×75 tumbukan dengan tinggi jatuh 45 cm (18 "), lepaskan cetakan dan baliklah cetakan tersebut. Terhadap permukaan benda uji yang sudah dibalik ini tumbuklah dengan jumlah tumbukan yang sama. Sesudah pemadatan keluarkan benda uji dan letakan diatas permukaan rata, biarkan selama 24 jam pada suhu ruang.

Tabel 2.7 Ketentuan Sifat-sifat Campuran Laston (AC)

Sifat Campuran		Laston					
		WC		BC		Base	
		Halus	kasar	Halus	Kasar	Halus	Kasar
Kadar aspal efektif (%)	Min	5,1	4,3	4,3	4,0	4,0	3,5
Penyerapan aspal (%)	Max	1,2					
Jumlah Tumbukan per Bidang		75				112	
Rongga dalam Campuran (%) ⁽²⁾	Min	3,0					
	Max	5,0					
Rongga dalam Agregat (%)	Min	15		14		13	
Rongga Terisi Aspal (%)	Min	65		63		60	
Stabilitas Marshall (%)	Min	800				1800	
Pelelehan (mm)	Min	3				4,5	
Marshall Quotient (kg/mm)	Min	250				300	
Stabilitas Marshall Sisa (%) Setelah Perendaman Selama 24 Jam, 60°C	Min	90					
Rongga dalam Campuran (%) pada Kepadatan Membal (Refusal) ⁽⁴⁾	Min	2,0					

Sumber : Buku Spesifikasi, Bina Marga, Tahun 2010 Revisi II

2.7. Karakteristik Campuran Aspal Beton

2.7.1. Stabilitas

Menurut Sukirman, (2003), stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur, dan *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan beban lalu lintas yang akan dilayani. Jalan yang melayani volume lalu lintas tinggi dominan terdiri dari kendaraan berat, membutuhkan perkerasan jalan dengan stabilitas tinggi. Sebaiknya perkerasan jalan yang diperuntukan untuk melayani lalu lintas kendaraan ringan tentu tidak perlu mempunyai nilai stabilitas yang tinggi.

Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai stabilitas beton aspal adalah :

1. Gesekan internal

Gesekan internal dapat berasal dari kekasaran permukaan butir-butir agregat, luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir, gradasi agregat, kepadatan campuran, dan tebal film aspal. Stabilitas terbentuk dari kondisi gesekan internal yang terjadi diantara butir-butir agregat yang saling mengunci dan mengisi serta masing-masing butir agregat yang saling terikat akibat gesekan antar butir dan adanya aspal. Kepadatan campuran menentukan pula tekanan kontak dan nilai stabilitas campuran. Pemilihan agregat bergradasi menerus akan memperkecil rongga antar agregat sehingga aspal yang dapat ditambahkan ke dalam campuran menjadi sedikit. Hal ini mengakibatkan film aspal menjadi tipis. Kadar aspal yang optimal akan memberikan nilai stabilitas yang maksimum.

2. Kohesi

Merupakan daya ikat aspal yang berasal dari daya lekatnya sehingga mampu memelihara tekanan kontak antar butir agregat. Daya kohesi sangat ditentukan oleh penetrasi aspal, perubahan viskositas akibat temperatur, tingkat pembebanan serta efek dari waktu dan umur aspal.

2.7.2. Keawetan (*Durabilitas*)

Merupakan kemampuan beton aspal menerima beban lalu lintas secara terus menerus seperti berat kendaraan dan gesekan antar roda kendaraan dengan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim seperti udara,

air dan perubahan temperatur. Durabilitas beton aspal dipengaruhi oleh tebalnya film aspal, banyaknya pori dalam campuran, kepadatan dan kedap airnya campuran.

Film aspal yang tebal akan membungkus agregat secara baik, beton aspal akan lebih kedap air sehingga kemampuannya untuk menahan keausan semakin baik. Tetapi jika semakin tebal selimut aspal maka akan sangat mudah terjadi *bleeding* yang mengakibatkan jalan semakin licin. Besarnya pori yang tersisa dalam campuran setelah pemadatan, mengakibatkan durabilitas beton aspal menurun. Semakin besar pori yang tersisa semakin tidak kedap air dan semakin banyak udara dalam beton aspal, menyebabkan semakin mudahnya film atau selimut aspal teroksidasi dengan udara sehingga menjadi getas dan menurun durabilitasnya.

2.7.3. 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 dapat ditingkatkan dengan mempergunakan agregat bergradasi senjang dengan kadar aspal yang tinggi.

2.7.4. Ketahanan terhadap Kelelahan (*Fatigue Resistance*)

Ketahanan terhadap Kelelahan (*fatigue resistance*) merupakan kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang akibat repetisi beban tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak. Hal ini dapat tercapai jika mempergunakan kadar aspal yang tinggi.

2.7.5. Kekesatan/Tahanan Geser (*Skid Resistance*)

Kekesatan/tahanan geser (*skid resistance*) adalah kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah untuk memberikan gaya gesek pada roda sehingga kendaraan tidak mudah tergelincir ataupun slip. Faktor-faktor pendukung untuk mendapatkan tingkat kekesatan jalan yaitu kekasaran permukaan dari butir-butir agregat, luas bidang kontak antar butir atau bentuk agregat, kepadatan campuran, tebal film aspal. Ukuran maksimum butir agregat ikut menentukan kekesatan permukaan. Dalam hal ini agregat yang digunakan tidak saja harus mempunyai permukaan yang kasar tetapi juga mempunyai daya tahan agar permukaannya tidak mudah menjadi licin akibat repetisi kendaraan.

2.7.6. Kedap Air (*Impermeabilitas*)

Kedap air (*Impermeabilitas*) adalah kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara ke dalam lapisan beton aspal. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal, pengelupasan film aspal dari permukaan agregat. Jumlah pori yang tersisa setelah beton aspal dipadatkan dapat menjadi indikator kedap air campuran.

2.7.7. Mudah Dilaksanakan (*Workability*)

Mudah dilaksanakan adalah kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Tingkat kemudahan dalam pelaksanaan menentukan tingkat efisiensi pekerjaan. Faktor yang mempengaruhi tingkat kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah viskositas (kekentalan) aspal dan kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur.

2.8. Rumus-Rumus untuk Menghitung Campuran Aspal Panas

1. Analisa Saringan

a. Persen tertahan = $\frac{\text{Kumulatif Berat Tertahan Saringan}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \dots\dots\dots (2.1)$

b. Persen lolos = 100% - Kumulatif Persen tertahan Tiap Saringan $\dots\dots\dots (2.2)$

2. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

a. Berat jenis kering (*Bulk*) = $\frac{B_k}{B_j - B_a} \dots\dots\dots (2.3)$

b. Berat jenis jenuh kering Permukaan (SSD) = $\frac{B_j}{B_j - B_a} \dots\dots\dots (2.4)$

c. Berat jenis semu (*Apperent*) = $\frac{B_k}{B_k - B_a} \dots\dots\dots (2.5)$

$$d. \text{ Penyerapan air} = \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

B_k = Berat benda uji kering oven (gram)

B_j = Berat benda uji kering permukaan jenuh (gram)

B_a = berat benda uji dalam air (gram)

3. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

$$a. \text{ Berat jenis kering (Bulk)} = \frac{B_k}{B_a + B_j - B_t} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$b. \text{ Berat jenis jenuh kering Permukaan (SSD)} = \frac{B_j}{B_a + B_j - B_t} \dots\dots\dots (2.8)$$

$$c. \text{ Berat jenis semu (Apperent)} = \frac{B_k}{B_a + B_k - B_t} \dots\dots\dots (2.9)$$

$$d. \text{ Penyerapan air} = \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan :

B_a = Berat piknometer + air (gram)

B_t = Berat piknometer + air + benda uji (gram)

4. Berat Jenis *Bulk*/curah Agregat Campuran (G_{sb})

$$G_{sb} = \frac{P_1 + P_2 + \dots\dots + P_n}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \dots\dots + \frac{P_n}{G_n}} \dots\dots\dots (2.11)$$

Keterangan :

G_{sb} = Berat jenis *bulk*/curah agregat campuran

P_1, P_2, \dots, P_n = Persentase berat masing-masing fraksi agregat terhadap berat total agregat campuran

G_1, G_2, \dots, G_n = Berat jenis bulk dari masing-masing fraksi agregat (fraksi 1-n)

5. Berat Jenis Semu (G_{sa})

$$G_{sa} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \dots + \frac{P_n}{G_n}} \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan :

G_{sa} = Berat jenis semu agregat campuran

G_1, G_2, \dots, G_n = Berat jenis bulk dari masing-masing fraksi agregat (fraksi 1-n)

6. Berat Jenis Efektif Agregat Campuran (G_{se})

$$G_{se} = \frac{100 - P_a}{\frac{100}{G_{mm}} - \frac{P_a}{G_a}} \dots\dots\dots (2.13)$$

Keterangan :

G_{se} = Berat jenis efektif agregat

G_{mm} = Berat jenis maksimum campuran, rongga udara nol

P_a = % aspal, persen dari berat total campuran

G_a = Berat jenis aspal

100 merupakan berat beton aspal yang belum dipadatkan (gram)

7. Berat Jenis Maksimum Campuran dengan Perbedaan Kadar Aspal (G_{mm})

$$G_{mm} = \frac{100}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_a}{G_a}} \dots\dots\dots (2.14)$$

Keterangan :

P_s = % agregat, persen dari berat total campuran

8. Berat Jenis Contoh Campuran Padat (G_{mb})

$$G_{mb} = \frac{B_k}{B_{ssd} + B_a} \dots\dots\dots (2.15)$$

9. Penyerapan Aspal (P_{ab})

$$P_{ab} = 100 \frac{(G_{se} - G_{sb})}{G_{sb} \times G_{se}} G_a \dots\dots\dots (2.16)$$

Keterangan :

P_{ab} = Kadar aspal yang terabsorpsi ke dalam pori butir agregat (%)

G_{sb} = Berat jenis bulk dari agregat pembentuk beton aspal padat

10. Kadar Aspal Efektif yang Menyelimuti Agregat (P_{ae})

$$P_{ae} = P_a - \frac{P_{ab}}{100} \times P_s \dots\dots\dots (2.17)$$

Keterangan :

P_{ae} = kadar aspal efektif yang menyelimuti butir-butir agregat (%)

11. Kadar Aspal Tengah (P)

$$P = 0.035(\%CA) + 0.045(\%FA) + 0.18(\%filler) + K \dots\dots\dots (2.18)$$

Keterangan :

P = Kadar aspal tengah

CA = Persen agregat tertahan saringan no. 8

FA = Persen agregat lolos saringan no. 8 tertahan saringan no. 200

K = Konstanta = 0.5 – 1.0 → untuk Laston

12. Volume Pori dalam Agregat Campuran (VMA), sebagai Persentase dari Berat Beton Aspal Padat

$$VMA = \left(100 - \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}} \right) \dots\dots\dots (2.19)$$

Keterangan :

VMA = Volume pori antara agregat di dalam beton aspal padat (%)

G_{mb} = Berat jenis *bulk* beton aspal padat

P_s = Kadar agregat, (%) terhadap beton aspal padat

13. Volume Pori dalam Agregat Campuran (VMA), sebagai persentase dari Berat Agregat.

$$VMA = \left(100 - \frac{G_{mb}}{G_{sb}} \times \frac{100}{100 + P_a} \times 100\% \right) \dots\dots\dots (2.20)$$

Keterangan :

VMA = Volume pori antara agregat di dalam beton aspal padat (%)

P_{a1} = Kadar agregat, (%) terhadap berat agregat

14. Volume Pori dalam Beton Aspal Padat (VIM)

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

Keterangan :

VIM = Volume pori dalam beton aspal padat (%)

G_{mm} = Berat jenis maksimum dari beton aspal yang belum dipadatkan

15. Volume Pori Antar Butiran Agregat yang Terisi Aspal (VFA)

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

Keterangan :

VFA = Volume pori antar butir agregat yang terisi aspa`xl, % dari VMA

VMA = Volume pori antara agregat di dalam beton aspal padat, % dari volume *bulk* beton aspal padat

VIM = Volume pori dalam beton aspal padat, % dari volume *bulk* beton aspal padat

16. Keausan Agregat Kasar

$$\text{Keausan} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \dots\dots\dots (2.23)$$

Keterangan :

a = Berat benda uji semula (gram)

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

2.9. Standar Rujukan

a. Pemeriksaan Material

SNI-03-1968-1990, Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar (ASTHO T-27)

SNI-06-2432-1991, Daktilitas Bahan dan Aspal (ASTHO T-51)

SNI-03-2417-1991, Keausan Agregat dengan Mesin Los Angeles (ASTHO T-96)

SNI-03-2439-1991, Kelekatan Agregat Terhadap Aspal (ASTHO T-182-1970)

SNI-03-1969-1990, Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

SNI-03-1970-1990, Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

SNI-06-2456-1991, Penetrasi Bahan – Bahan Aspal (ASTHO T- 46)

SNI-06-2434-1991, Pengujian Titik Lembek Aspal

SNI-06-2435-1991, Pengujian Titik Nyala Aspal

SNI-06-2441-1991, Pengujian Berat Jenis Aspal Padat

b. Pengujian Perhitungan Campuran

SNI-06-2489-1991, Pengujian Campuran Beraspal dengan Alat Marshall
(ASTHO T-245-78)

ASTHO T-166-88 *Bulk Specific Gravity Of Compacted Bituminous Mixes.*