

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Lapis Aspal Beton (Laston)

Campuran aspal panas (*hot mix*) salah satunya adalah Lapis aspal beton (Laston) yang selanjutnya disebut *Asphalt Concrete (AC)* terdiri dari tiga jenis campuran, *AC Lapis Aus (AC-WC)*, *AC Lapis Antara (AC-BC)* dan *AC Lapis Pondasi (AC-Base)* dan ukuran maksimum agregat masing – masing campuran adalah 19 mm, 25,4 mm, 37,5 mm. (Bina Marga, 2010)

Lapis aspal beton (Laston) merupakan salah satu lapisan struktur Jalan raya yang terdiri atas gabungan agregat dengan aspal keras, dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu, agar mendapatkan mutu pekerjaan yang baik, sesuai dengan spesifikasi, dalam hal ini fleksibel, kedap air dan mampu melayani arus lalu lintas yang melewatinya. (Sukirman, 2012).

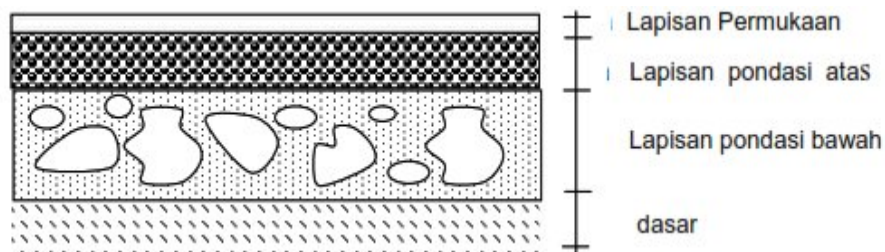
Adapun beberapa Sifat dan Fungsi Lapis Aspal Beton (Laston).

1. Fungsi Lapis Aspal Beton (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.
2. Sifat Lapis Aspal Beton (Laston) yaitu
 - a. Tahan terhadap kerusakan akibat beban lalu lintas.
 - b. Kedap air.
 - c. Mempunyai nilai strutral yang tinggi.
 - d. Mempunyai stabilitas yang tinggi.
 - e. Peka terhadap penyimpangan perencanaan perkerasan.

2.2 Bagian - bagian Perkerasan Jalan

Menurut Sukirman 2003 ada beberapa bagian perkerasan jalan terdiri dari:

1. Lapis permukaan (*Surface*)
2. Lapis pondasi atas (*Base Course*)
3. Lapis pondasi bawah (*Sub Base Course*)
4. Tanah dasar (*Sub Grade*)



Gambar 2.1 Susunan Perkerasan Jalan Raya

Sumber :Silvia Sukirman 2010.

2.2.1 Tanah Dasar (*Sub Grade*)

Tanah dasar merupakan permukaan tanah asli., permukaan galian atau permukaan tanah timbunan yang merupakan perkerasan dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya. Kekuatan dan keawetan dari konstruksi jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar.

Umumnya persoalan yang menyangkut tanah dasar adalah sebagai berikut:

1. Daya dukung tanah yang tidak merata dan sukar ditentukan secara pasti pada daerah dengan macam tanah yang sangat berbeda sifat kedudukannya.
2. Perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) dari macam tanah tertentu akibat beban lalu lintas.

Lendutan (*Deflection*) dan pengembangan kenyal yang besar selama dan sesudah pembebanan lalu lintas dari macam tanah tertentu.

3. Tambahan pemadatan akibat pembebanan lalu lintas dan penurunan yang diakibatkannya yaitu pada tanah berbutiran kasar (*Granular Soils*) yang tidak dipadatkan secara baik pada saat pelaksana.
4. Sifat mengembang dari macam tanah tertentu akibat perubahan kadar air.

2.2.2 Lapis Pondasi Bawah (*Sub Base Course*)

Lapis pondasi bawah merupakan bagian perkerasan yang terletak antara lapis pondasi atas dan tanah dasar. Fungsi dari lapisan ini adalah:

1. Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda kendaraan.
2. Untuk mencegah tanah dasar masuk kedalam lapis pondasi atas.
3. Mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar lapisan-lapisan selebihnya dapat dikurangi tebalnya.
4. Sebagai lapisan peresapan agar air tanah tidak mengumpul dipondasi atas maupun tanah dasar.

5. Sebagai lapisan pertama agar pelaksanaan aspal dapat berjalan lancar. Hal ini sehubungan dengan terlalu lemahnya daya dukung tanah dasar roda-roda kendaraan atau kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca.

2.2.3 Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapis pondasi atas adalah sebagian perkerasan yang terletak antara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah atau bila tidak menggunakan lapis pondasi bawah dengan tanah dasar.

Kegunaan lapis pondasi atas antara lain:

1. Sebagai bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda.
2. Memberikan bantalan terhadap lapis permukaan.
3. Sebagai lapis peresapan untuk lapis pondasi bawah.

Bahan-bahan untuk lapisan umumnya diprioritaskan kekuatan dan keawetannya sedemikian sehingga dapat menahan gaya-gaya lintang dari beban roda. Sebelum menentukan suatu bahan untuk digunakan sebagai bahan pondasi hendaknya cukup dilakukan penyelidikan dan pertimbangan sebaik-baiknya sehubungan dengan tuntutan teknis.

2.2.4 Lapis Permukaan (*Surface*)

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

1. Lapis ini lebih kaya aspal (*sekitar 5-6%*) dibanding dengan lapis dibawahnya.
2. Sebagai bagian perkerasan untuk menahan gaya lintang dari beban-beban roda.
3. Sebagai lapisan rapat air untuk melindungi badan jalan dari kerusakan akibat cuaca.
4. Sebagai lapisan aus (*Wearing Course*).

Bahan-bahan untuk lapis permukaan umumnya adalah sama dengan bahan-bahan untuk lapis pondasi bawah, hanya susunan butir-butirannya (*Gradasi*) disyaratkan lebih berat serta penambahan bahan aspal agar lapisan dapat 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 dipertimbangkan kegunaan, umur rencana serta penahapan konstruksi, agar dicapai manfaat yang sebesar-besarnya dari biaya yang dikeluarkan.

2.3 Lapis Aspal Beton (Laston AC – BC)

Lapis Aspal beton campuran aspal panas merupakan suatu jenis lapis perkerasan konstruksi lentur. Jenis perkerasan ini merupakan campuran antara agregat dan aspal dengan atau tanpa bahan tambahan yang dicampur pada suhu tertentu, karena dicampur dalam keadaan panas maka disebut *Hot-Mix* (Sukirman, 1992). Pada saat pencampuran aspal beton ini, aspal keras perlu dipanaskan terlebih dahulu sampai mencapai suhu tertentu. Campuran beraspal panas terdiri atas kombinasi agregat, aspal keras dan bahan pengisi maupun bahan tambahan (Bina Marga, 2010).

Kualitas beton aspal sangat tergantung pada bahan, susunan gradasi agregat, kadar aspal dalam campuran dan keseragaman. Dalam campuran beraspal untuk memperbaiki mutu suatu campuran aspal serta meningkatkan kualitas aspal sehingga dapat menghasilkan permukaan perkerasan yang baik adalah dengan menggunakan bahan modifikasi (Bina Marga, 2010).

Laston adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan raya yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus, dicampur, dihampar, dan dipadatkan dalam keadaan panas dan suhu tertentu. Laston bersifat kedap air, mempunyai nilai struktural, awet, kadar aspal berkisar 4 - 7 % terhadap berat campuran dan dapat digunakan lalulintas ringan, sedang sampai berat. Campuran ini memiliki tingkat kekakuan tinggi. Karena itu, bahan ini tidak cocok diletakkan pada lapisan yang fleksibel, seperti lapis penetrasi. Tipe kerusakan yang umumnya terjadi pada lapisan ini adalah retak dan terlepasnya butiran. Hasil menunjukkan bahwa campuran ini perlu perbaikan dalam hal kelenturan dan durabilitasnya. Salah satu produk yang digunakan oleh Departemen dan Prasarana Wilayah adalah AC-BC sebagai bahan lapis pondasi dan lapis pengikat yang terletak dibawah lapis aus dengan tebal perkerasan minimal 5 cm. Umumnya bersifat tahan beban serta mampu menyebarkan beban roda kendaraan ke lapisan dibawahnya dan lebih kaya aspal (*sekitar 5-6%*) dibanding dengan lapis di bawahnya.

Lapis Aspal Beton (Laston AC-BC) adalah salah satu dari tiga macam campuran lapis aspal beton yaitu AC-WC (*Asphalt Concrete - Wearing Course*) lapis aus yang langsung berhubungan dengan ban kendaraan dan merupakan lapisan yang kedap air dan tahan terhadap cuaca dan AC-Base (*Asphalt Concrete - Base*) yaitu lapis aspal beton sebagai lapis pondasi. Ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 25,4 mm, 19 mm, dan 37,5 mm. Ketiga jenis Laston tersebut merupakan konsep spesifikasi campuran aspal yang telah disempurnakan oleh Bina Marga bersama dengan Pusat Litbang Jalan.

2.4 Komponen Campuran Lapis Aspal Beton (Laston)

Campuran Lapis Aspal Beton (Laston) terdiri dari :

- a. Agregat halus (*Fine Aggregate*).
- b. Agregat kasar (*Course Aggregate*).
- c. Bahan pengisi (*Filler*).
- d. Aspal sebagai bahan pengikat.

2.4.1 Agregat Halus (*Fine Aggregate*)

Agregat halus adalah agregat bergradasi baik yang mempunyai susunan ukuran menerus dari kasar sampai dengan halus, tetapi dominan berukuran agregat halus. (Sukirman, 2003)

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. Ketentuan agregat halus menurut Spesifikasi Bina Marga dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Ketentuan Gradasi Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 60%
Angularitas dengan uji kadar rongga	SNI 03-6877 : 2002	Min. 45%
Gumpalan lempung dan Butir-butir mudah pecah dalam agregat	SNI 03-4141-1996	Miks. 1%
Agregat Lolos ayakan No.200	SNI ASTM C117-2012	Miks. 10%

Sumber : Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3

2.4.2 Agregat Kasar (*Course Aggregate*)

Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90%-95% agregat berdasarkan presentase berat, atau 75%-85% agregat berdasarkan presentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain. (Sukirman, 2003)

Sifat agregat merupakan salah satu faktor penentu kemampuan perkerasan jalan memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca. Oleh karena itu perlu pemeriksaan yang lebih teliti sebelum diputuskan suatu agregat dapat dipergunakan sebagai material perkerasan jalan. Sifat agregat yang menentukan kualitas sebagai

material perkerasan adalah gradasi, kebersihan, kekerasan, dan ketahanan agregat, bentuk butir, tekstur permukaan, porositas, kemampuan untuk menyerap air, berat jenis, dan daya pelekatan dengan aspal. Gradasi agregat merupakan sifat yang sangat luas pengaruhnya terhadap kualitas perkerasan secara keseluruhan. (Sukirman, 2003)

Agregat kasar adalah agregat yang tertahan ayakan saringan no.4 (2,36 mm) harus bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya (Bina Marga, 2010).

Ketentuan yang 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	Maks 12%
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC bergradasi kasar	SNI 2417 : 2008	Mask 30%
	Semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya		Maks 40%
Pengujian		Standar	Nilai
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 2439-2011	Min 95%
Butir pecah pada Agregat Kasar		SNI 7619-2012	95/90
Partikal pipih dan Lonjong		ASTM D4791 Perbandingan 1:5	Maks 10 %
Material lolos ayakan No. 200		SNI 03-4142-1996	Maks 2 %

Sumber : Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3

Catatan:

1. Abrasi dengan mesin Los Angeles dengan 100 putaran harus dilakukan untuk mengetahui keseragaman mutu agregat dan nilai abrasi dengan 100 putaran tidak boleh melampaui 20% dari nilai abrasi dengan 500 putaran.
2. 95/90 menunjukkan bahwa 95% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% 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 ($0,075\text{ mm}$) sama atau lebih banyak dari 75% terhadap beratnya. 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. Tapi dapat digunakan maksimum 2% terhadap berat total agregat.

Secara umum semen merupakan material perekat untuk kerikil (agregat kasar), pasir, batubata, dan material sejenis lainnya. Bahan baku utama semen adalah bahan-bahan yang mengandung kapur (CaO), silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), dan besi oksida (Fe_2O_3). Dalam campuran beraspal, semen yang digunakan sebagai *filler* adalah semen Portland (*Portland cement*). Fungsi semen Portland adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara diantara butir-butir agregat.

Menurut Mulyono, 2003 semen yang satu dapat dibedakan dengan semen lainnya berdasarkan susunan kimianya maupun kehalusan butirannya. Perbandingan bahan-bahan utama penyusun semen *Portland* adalah kapur (CaO) sekitar 60%-65%, silika (SiO_2) sekitar 20%-25%, dan oksida besi serta alumina (Fe_2O_3 dan Al_2O_3) sekitar 7%-12%. Sifat-sifat semen Portland dapat dibedakan menjadi dua yaitu sifat fisika dan sifat kimia.

1. Sifat fisika Semen *Portland*

Sifat fisik semen *portland* meliputi kehalusan butiran (*fineness*). Kehalusan butir semen mempengaruhi proses hidrasi. Semakin halus butiran semen, proses hidrasinya semakin cepat, sehingga kekuatan awal tinggi dan kekuatan awal akhir akan berkurang. Kehalusan butiran semen yang tinggi dapat mengurangi terjadinya *bleeding*. Selain itu sifat fisik semen yaitu kepadatan (*density*). Berat jenis semen yang disyaratkan oleh ASTM adalah 3,15 Mg/m³.

2. Sifat Kimia Semen *Portland*

Secara garis besar ada 4 senyawa kimia utama yang menyusun semen portland:

- a) Trikalsium Silika ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) yang disingkat menjadi C_3S .
- b) Dikalsium Silikat ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) yang disingkat menjadi C_2S .
- c) Trikalsium Aluminat ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) yang disingkat menjadi C_3A .

- d) Tetrakalsium aluminoferrit ($4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$) yang disingkat menjadi C_4AF .

Semen portland yang digunakan sebagai *filler* adalah Tipe I, dimana dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus. Persentase komposisi semen portland tipe I yaitu C_3S sebesar 49%, C_2S sebesar 25%, C_3A sebesar 12%, C_4AF sebesar $CaSO_4$, CaO sebesar 0,8 % dan MgO sebesar 2,4 %. Semen *portland* tipe I yang digunakan sebagai *filler* pada penelitian ini merupakan Semen Kupang. Fungsi semen ini sebagai *filler* adalah mengisi ruang antara agregat halus dan agregat kasar serta mengisi rongga dalam beton aspal padat.

2.4.4 Bahan Pengikat (Aspal)

Aspal adalah material yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, dan bersifat termoplastis. Jadi, aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, dan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama dengan agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10% berdasarkan berat campuran, atau 10-15% berdasarkan volume campuran. (Sukirman, 2003)

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:

A. Aspal Alam

Aspal alam adalah aspal yang didapatkan 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 merupakan batu mengandung aspal.

B. 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 dibedakan 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 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 pencampur.

Tabel 2.3 Pesyaratan Aspal Keras Penetrasi 60/70

No	Jenis Pengujian	Metoda	Persyaratan
1	Penetrasi pada 25°C (0,1mm)	SNI 06 - 2456 - 1991	60 - 70
2	Viskositas Dinamis 60°C (Pa.s)	SNI 06-6441-2000	160 - 240
3	Viskositas Kinematis 135 °C (cSt)	SNI 06-6441-2000	≥300
4	Titik lembek (°C)	SNI 06-2434-2011	≥48
5	Duktalitas pada 25 °C, (cm)	SNI 06-2432-2011	≥100
6	Titik nyala (°C)	SNI 06-2433-2011	≥ 232
7	Kelarutan dalam Trichloroethylene (%)	ASTM T44-03	≥ 99
8	Berat jenis	SNI 06-2441-2011	≥ 1,0
9	Satbilas Penyimpanan perbedaan titik lembek (°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 06-2441-2011	≤ 0.8
11	Viskositas Dinamis 60°C (Pa.s)	SNI 03-6441-2000	≤ 800
12	Penetrasi pada 25 °C, (%)	SNI 06-2456-1991	≥ 54
13	Daktalitas pada 25 °C, (cm)	SNI 06-2432-2011	≥ 100
14	Keelastisan setelah Pengembalian (%)	ASSTHO T 301-98	-

Sumber : Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3

Catatan :

1. Hasil pengujian adalah untuk bahan pengikat (bitumen) yang diekraksi dengan menggunakan metode SNI 2490-2008. Sedangkan untuk pengujian kelarutan dan

gradasi mineral dilaksanakan pada seluruh bahan pengikat termasuk kandungan mineralnya.

2. Pabrik pembuat bahan pengikat tipe II dapat mengajukan metode pengujian alternatif viscositas bilamana sifat-sifat elastomerik atau lainnya didapat berpengaruh terhadap akurasi pengujian penetrasi, titik lembek dan standar lainnya.
3. Viscositas di uji juga pada temperatur 100°C dan 160°C untuk tipe I, dan tipe II pada temperatur 100°C dan 170°C

2.5 Sifat – Sifat Pengujian Agregat

1. Berat jenis dan penyerapan air
2. Analisa Saringan (Gradasi)
3. Ketahanan agregat terhadap mesin Los Angeles (Abrasi)

2.5.1 Berat Jenis dan Penyerapan Air

Berat Jenis dan Penyerapan Air adalah perbandingan antara berat volume agregat dan berat volume air. Agregat dengan berat jenis kecil, mempunyai volume yang besar, atau berat yang ringan. (Sukirman, 2003).

Rumus- rumus yang digunakan dalam pengujian berat jenis dan penyerapan air sebagai berikut ini.

1. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar.

a. *Berat jenis (Bulk Specific Gravity)* = $\frac{B_j}{B_j + B_a}$ (2.1)

b. *Berat jenis permukaan jenuh (Saturated Surface Dry)* = $\frac{B_j}{(B_j - B_a)}$ (2.2)

c. *Berat jenis semu (Apparent specific Gravity)* = $\frac{B_j}{(B_k - B_a)}$ (2.3)

d. *Penyerapan air (Absorption)* = $\frac{(B_j - B_k)}{B_k} \times 100\%$(2.4)

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.

e. *Berat jenis* = $\frac{B_k}{(B + 500 - B_t)}$ (2.5)

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

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

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

Keterangan :

B = Berat piknometer berisi air (gram)

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

Bk = Berat benda uji kering oven (gram)

Catatan :

1. Penyerapan air oleh agregat maksimum 3%
2. Berat Jenis (*Spesific Gravity*) agregat kasar dan halus tidak boleh berbeda lebih dari 0.2.

2.5.2 Analisa Saringan (Gradasi)

Menurut Sukirman 2003, gradasi adalah susunan butiran agregat sesuai ukurannya. Ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisis saringan. Satu set saringan umumnya terdiri dari saringan berukuran 1", ¾", ½", ⅜", No. 4, No. 8, No. 16, No. 30, No. 50, No. 100, dan No. 200. Ukuran saringan dalam ukuran panjang menunjukkan ukuran bukaan, sedangkan nomor saringan menunjukkan banyaknya bukaan dalam 1inci panjang. Tujuan pengujian ini adalah untuk memperoleh distribusi besaran atau jumlah presentasi butiran baik agregat halus maupun agregat kasar.

2.5.3 Ketahanan Agregat Terhadap Mesin Los Angeles (Abrasi)

Ketahanan Agregat Terhadap Mesin Los Angeles (Abrasi) adalah untuk menentukan daya tahan agregat kasar terhadap beban mekanis diperiksa dengan melakukan pengujian abrasi menggunakan alat abrasi los angeles, sesuai dengan SNI 03-2417-2008. Gaya mekanis pada pemeriksa dengan alat abrasi Los Angeles diperoleh dari bola baja yang dimasukkan bersama dengan agregat yang diuji. (Sukirman, 2003).

Rumus- rumus yang digunakan dalam pengujian ketahanan agregat terhadap mesin Los Angeles (Abrasi) sebagai berikut ini.

1. Pemeriksaan keausan dengan mesin abrasi los Angeles.

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

Keterangan :

a = Berat benda uji

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

Catatan :

1. Nilai Abrasi dengan mesin Los Angeles maksimum 40%

2.6 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 (AC)

Sifat-Sifat Campuran		LASTON		
		AC-WC	AC-BC	AC-Base
Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075mm dengan kadar aspal efektif	Min	1,0		
	Maks	1,4		
Rongga dalam campuran (VIM) (%)	Min	3,0		
	Maks	5,0		
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga terisi aspal (VFA) (%)	Min	65	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min	800		1500
Kelelehan Marshall (mm)	Min	2		3
	Maks	4		6
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam,60°C	Min	90		
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (<i>refusal</i>)	Min	2,0		

Sumber : Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3

2.7 Agregat Gabungan

Agregat gabungan adalah gabungan antara beberapa fraksi agregat dengan presentase tertentu untuk mendapatkan gradasi yang sesuai dengan spesifikasi. Agregat gabungan untuk campuran aspal ditunjukkan dalam persen berat agregat, harus memenuhi batas - batas dan harus berada diluar daerah larangan (*Restriction Zone*) yang diberikan

dalam tabel 2.5 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.

Menurut Sukirman 2003, agregat campuran adalah agregat yang diperoleh dalam mencampur secara proporsional fraksi agregat *A*, fraksi agregat *B*, dan fraksi agregat *C*. proporsi dari masing-masing fraksi agregat dirancang secara proporsional sehingga diperoleh gradasi agregat yang diinginkan. Agregat campuran adalah hasil pencampuran dari *a*% fraksi agregat kasar *b*% fraksi agregat halus dan *c*% abu batu dengan $a + b + c = 100\%$.

Agregat campuran memiliki gradasi baru yang tidak sama dengan gradasi masing-masing fraksi pembentuk campuran, tetapi gradasi yang memenuhi spesifikasi gradasi agregat yang direncanakan. Metode merancang proporsi campuran untuk mendapatkan nilai *a*, *b*, *c* dari masing fraksi yang dicampur terdiri dari metode analitis dan metode grafik. Pelaksanaan pekerjaan di lapangan mempergunakan alat-alat berat, dan agregat yang digunakan pun dalam jumlah besar. Hal ini mengakibatkan tak pernah diperoleh suatu lengkung gradasi agregat campuran selama pelaksanaan. Berdasarkan hal ini, agregat campuran setiap jenis perkerasan mempunyai gradasi agregat yang terletak dalam satu rentang nilai. Batasan ini biasanya dinamakan batasan gradasi agregat, atau disebut juga spesifikasi gradasi agregat campuran. (Sukirman 2003).

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

$$P = aA + bB + cC \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan:

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

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

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

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

a = proporsi dari fraksi agregat *A*.

b = proporsi dari fraksi agregat *B*.

c = proporsi dari fraksi agregat *C*.

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

Nilai *a*, *b*, *c* diperoleh dengan “*Trial and error*“, karena perhitungan *P* yang dilakukan untuk satu ukuran saringan belum tentu secara keseluruhan dapat menghasilkan campuran yang memenuhi spesifikasi campuran. Proporsi yang terbaik adalah proporsi yang dapat menghasilkan agregat campuran bergradasi mendekati gradasi tengah rentang spesifikasi. (Sukirman 2003).

Tabel 2.5 Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal

Ukuran Ayakan (mm)	% Berat yang lolos terhadap total agregat dalam campuran		
	AC-WC	AC-BC	AC-BASE
37,5			100
25		100	90 – 100
19	100	90 – 100	76 – 90
12,5	90 – 100	75 – 90	60 – 78
9,5	77 – 90	66 – 82	52 – 71
4,75	53 – 69	46 – 64	35 – 54
2,36	33 – 53	30 – 49	23 – 41
1,18	21 – 40	18 – 38	13 – 30
0,600	14 – 30	12 – 28	10 – 22
0,300	9 – 22	7 – 20	6 – 15
0,150	6 – 15	5 – 13	4 – 10
0,075	4 – 9	4 – 8	3 – 7

Sumber : Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3.

2.8 Perhitungan-Perhitungan Dalam Campuran Aspal Beton

Titik Kontrol gradasi agregat berfungsi sebagai batas-batas rentang utama yang harus ditempati oleh gradasi-gradasi tersebut. Batas-batas gradasi ditentukan pada ayakan ukuran nominal maksimum, ayakan menengah (2.36 mm) dan ayakan terkecil (0,075 mm).

2.8.1 Formula Campuran Rencana (FCR)

Perkiraan pertama kadar aspal Rencana dapat diperoleh dari rumus sebagai berikut

$$Pb = 0.035(\%CA) + 0.045 (\%FA) + 0.18 (\%FF) + K \dots \dots \dots (2.11)$$

Keterangan :

Pb = Kadar aspal perkiraan

CA = Agregat kasar tertahan saringan No.8

FA = Agregat halus lolos saringan No.4 dan tertahan No.200

FF = Bahan pengisi (Filler) lolos saringan No.200

Nilai konstanta sekitar 0.5 - 1.0 untuk Laston (*AC*) dan 2.0 - 3.0 untuk lataston (*HRS*).

Untuk mendapatkan kadar aspal optimum, terlebih dahulu dibuat benda uji dengan 6 variasi kadar aspal perkiraan yang masing - masing berbeda 0,5 %. Kadar aspal yang dipilih merupakan hasil dari perhitungan nilai kadar aspal perkiraan atau kadar aspal rencana kemudian diambil dua kadar aspal kurang dari nilai kadar aspal tengah atau kadar aspal perkiraan dan dua kadar aspal lebih besar dari nilai kadar aspal tengah atau kadar aspal perkiraan. Jika kadar aspal tengah adalah ***Pb* %**, maka dibuat benda ujian untuk kadar aspal (*Pb -1*)%, (*Pb -0,5*)%, *Pb* %, (*Pb +0,5*)%, (*Pb +1*)%.

2.9 Rumus-Rumus Untuk Campuran Beraspal

Untuk mengetahui karakteristik baik material maupun campuran aspal dapat menggunakan Rumus-rumus sebagai berikut:

1. Berat jenis agregat bulk

$$Gsb = \frac{P1 + P2 + \dots + Pn}{\frac{P1}{G1} + \frac{P2}{G2} + \dots + \frac{Pn}{Gn}} \dots \dots \dots (2.12)$$

Keterangan :

Gsb = Berat jenis bulk total agregat

P1, P2, ..., Pn = Prosentase masing-masing agregat

G1, G2, ..., Gn = Berat jenis masing-masing agregat

2. Berat jenis Efektif Agregat

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

Keterangan:

Gse = Berat jenis efektif agregat

Pmm = Prosentase berat total campuran (100)

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

P_b = Kadar aspal berdasarkan berat jenis maksimum, persen terhadap berat total campuran.

G_b = Berat jenis aspal

3. Berat Jenis maksimum campuran dengan aspal berbeda

$$G_{mm} = \frac{P_{mm}}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_b}{G_b}} \dots\dots\dots(2.14)$$

Keterangan:

G_{se} = Berat jenis efektif agregat

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

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

P_b = Kadar aspal berdasarkan berat jenis maksimum, persen terhadap berat total campuran.

G_b = Berat jenis aspal

P_s = Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran.

4. Rongga (*Void*) diantara mineral agregat (*VMA*) terhadap berat agregat

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb}}{G_{sb}} \times \frac{100}{100 + P_b} \times 100 \dots\dots\dots(2.15)$$

Keterangan :

VMA = Rongga diantar mineral agregat, persen volume bulk

P_s = Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran

G_{mb} = Berat jenis bulk campuran padat

G_{sb} = Berat jenis bulk agregat

P_b = Kadar aspal

5. Rongga didalam campuran (*VIM*)

$$VIM = 100 \times \left(\frac{G_{mb}}{G_{mm}} \right) \dots\dots\dots(2.16)$$

Keterangan:

VIM = Rongga udara campuran, persen total campuran

G_{mb} = Berat jenis bulk campuran padat

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

6. Rongga terisi aspal (*VFB*)

$$VFB = \frac{100 \times (VMA - VIM)}{VMA} \dots\dots\dots(2.17)$$

Keterangan :

VFB = Rongga terisi aspal, persen VMA

VMA = Rongga diantara mineral agregat, persen volume bulk

VIM = Rongga di dalam campuran, persen total campuran.

7. Penyerapan Aspal

$$Pba = 100 \frac{Gse - Gsb}{Gse \cdot Gsb} \times Gb \dots\dots\dots(2.18)$$

Keterangan :

Pba = Penyerapan aspal, persen total agregat

Gse = Berat jenis efektif agregat

Gsb = Berat jenis Bulk agregat

Gb = Berat jenis aspal

8. Kadar Aspal Efektif

$$Pbe = Pb - \frac{Pba}{100} \times Ps \dots\dots\dots(2.19)$$

Keterangan :

Pbe = kadar aspal efektif, Persen total campuran

Pba = Penyerapan aspal, persen total agregat

Pb = Kadar aspal, persen total campuran

Ps = Kadar agregat, persen total campuran

2.10 Karakteristik Umum Campuran Beraspal

Karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh campuran aspal panas adalah: stabilitas, fleksibilitas, durabilitas, ketahanan kelelahan, tahanan geser dan kemudahan pekerjaan. (Sukirman 2003).

2.10.1 Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadinya perubahan bentuk seperti gelombang, alur, dan *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan, dan beban lalu lintas yang akan di melayani volume lalu lintas tinggi dan dominan terdiri dari kendaraan berat, membutuhkan

perkerasan jalan dengan stabilitas tinggi. Sebaliknya perkerasan jalan yang diperuntukkan untuk melayani nilai stabilitas yang tinggi.

Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai stabilitas beton aspal adalah :

1. Gesekan internal, yang dapat berasal dari kekesaran permukaan dari 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 di antara butir-butir agregat, dan masing-masing butir saling terikat, akibat gesekan antara butir dan adanya aspal. Kepadatan campuran menentukan pula tekanan kontak, dan nilai stabilitas campuran. Pemilihan agregat bergradasi baik atau rapat akan memperkecil rongga antara agregat, sehingga aspal yang dapat ditambahkan dalam campuran menjadi sedikit. Hal ini berakibat film aspal menjadi tipis. Kadar aspal yang optimum akan memberikan nilai stabilitas yang maksimum.
2. Kohesi, adalah gaya ikat aspal yang berasal dari gaya letaknya, sehingga mampu memelihara tekanan kontak antara butir agregat. Daya kohesi terutama ditentukan oleh penetrasi aspal, perubahan viskositas akibat tempetarur, tingkat pembebanan, komposisi kimiawi aspal, efek dari waktu dan umur aspal. Sifat rheologi aspal menentukan kepekaan aspal untuk mengeras dan rupah, yang akan mengurangi daya kohesinya.

2.10.2 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. Fleksibitas dapat ditingkatkan dengan mempergunakan agregat bergradasi terbuka dan kadar aspal yang tinggi.

2.10.3 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.

2.10.4 Ketahanan terhadap 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

2.10.5 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

2.10.6 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.

2.11 Metode *Marshall*

Alat *Marshall* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan proving ring (cincin penguji). Proving ring dilengkapi dengan arloji pengukur yang berguna untuk mengukur stabilitas campuran. Di samping itu terdapat arloji kelelahan (*flow meter*) untuk mengukur kelelahan plastis (*flow*). Benda uji ini berbentuk silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 7,5 cm dipersiapkan di laboratorium, dalam cetakan benda uji dengan menggunakan hammer (penumbuk) dengan berat 10 pon (4,536 kg) dan tinggi jatuh 18 inci (45,7 cm), dibebani dengan kecepatan tetap 50 mm/menit.

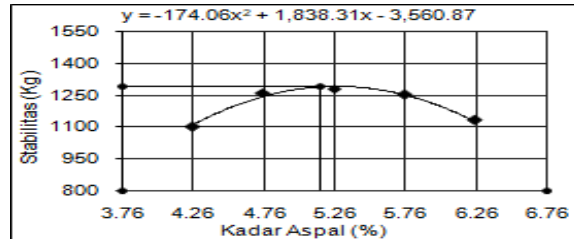
Menurut Sukirman 2003, kinerja beton aspal padat ditentukan melalui pengujian benda uji yang meliputi :

1. Penentuan berat volume benda uji.
2. Pengujian nilai stabilitas, adalah kemampuan maksimum beton aspal padat menerima beban sampai kelelahan plastis.
3. Pengujian kelelahan (*flow*), adalah besarnya perubahan bentuk plastis dari beton aspal padat akibat adanya beban sampai batas keruntuhan.
4. Perhitungan kepadatan berat isi campuran aspal.
5. Perhitungan perbandingan rasio partikel bahan lolos saringan no.200 dengan kadar aspal efektif.
6. Perhitungan berbagai jenis volume pori dalam beton aspal padat (*VIM, VMA, VFA*)
7. Perhitungan tebal selimut atau film aspal.

2.12 Hubungan Antara Kadar Aspal Dengan Parameter *Marshall*

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

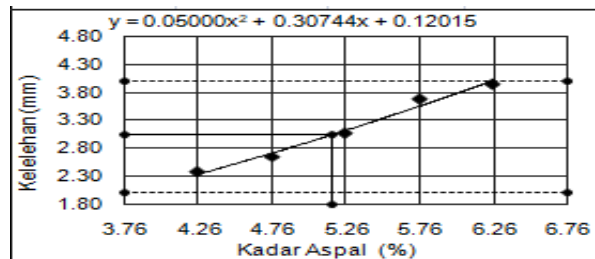
- A. Stabilitas akan meningkat jika kadar aspal bertambah, sampai mencapai nilai maksimum, dan setelah itu stabilitas akan menurun.



Gambar 2.2 Grafik Stabilitas Marshall

Sumber :Silvia Sukirman 2010.

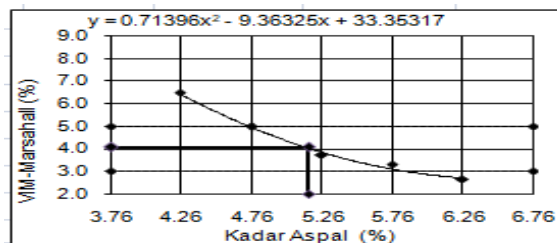
- B. Kelelahan atau *Flow* akan terus meningkat dengan meningkatnya kadar aspal



Gambar 2.3 Grafik *Flow* (Kelelahan) Marshall

Sumber :Silvia Sukirman 2010.

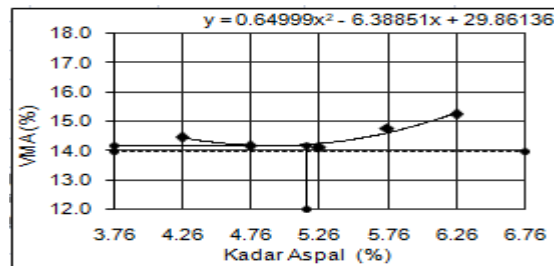
- C. Lengkung berat volume identik dengan lengkung stabilitas, tetapi nilai maksimum tercapai pada kadar aspal yang sedikit lebih tinggi dari kadar aspal untuk mencapai stabilitas maksimum.
- D. Lengkung *VIM* akan terus menurun dengan bertambahnya kadar aspal sampai secara ultimit mencapai nilai minimum.



Gambar 2.4 Grafik *Flow* (Kelelahan) Marshall

Sumber :Silvia Sukirman 2010.

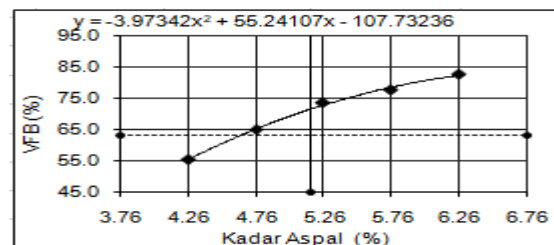
- E. Lengkung VMA akan turun sampai mencapai nilai minimum dan kemudian kembali bertambah dengan bertambahnya kadar aspal.



Gambar 2.5 Grafik VMA Marshall

Sumber :Silvia Sukirman 2010.

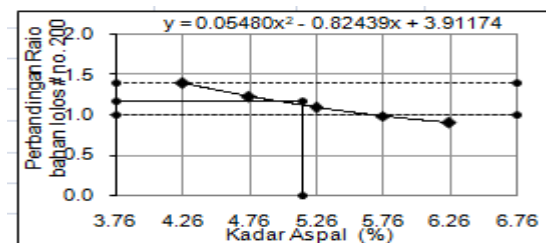
- F. Lengkung VFB akan bertambah dengan bertambahnya kadar aspal, karena dalam hal ini VFB makin banyak terisi oleh aspal.



Gambar 2.6 Grafik VFB Marshall

Sumber :Silvia Sukirman 2010.

- G. Lengkung rasio partikel bahan lolos 200 akan turun dengan bertambahnya kadar aspal



Gambar 2.7 Grafik Rasion Partikel Marshall

Sumber :Silvia Sukirman 2010.