

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Konstruksi Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah suatu lapisan yang terletak di atas tanah dasar (*subgrade*) yang telah dipadatkan dan berfungsi untuk memikul beban dan meneruskannya ke lapisan tanah dasar agar tanah tidak mendapat tekanan yang melebihi daya dukung tanah yang di iijinkan. (Sukirman, 1999)

Fungsi tiap lapisan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Lapis pondasi bawah (*sub base course*), merupakan lapis perkerasan yang terletak antara lapis pondasi atas dan tanah dasar, berfungsi sebagai:
 - a. lapisan yang mendukung dan menyebarkan beban vertikal maupun horizontal dari beban kendaraan,
 - b. lapisan kedap air untuk melindungi badan jalan,
 - c. lapisan pencegah partikel halus tanah dasar naik ke lapis pondasi atas, dan
 - d. lapisan aus.
2. Lapis pondasi atas (*base course*), merupakan lapis perkerasan yang terletak antara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan, berfungsi sebagai:
 - a. pendukung bagi lapis permukaan,
 - b. penahan beban horizontal dan vertikal, dan
 - c. lapis peresapan untuk lapis pondasi bawah.
3. Lapis permukaan (*surface course*), merupakan lapis yang paling atas dan berfungsi sebagai :
 - a. lapis yang memikul beban langsung lalulintas dan meneruskan ke lapisan di bawahnya,
 - b. lapisan yang menahan gaya geser dari beban roda,
 - c. lapisan aus (*wearing course*) akibat gaya gesek dan cuaca,

- d. lapis kedap air untuk melindungi lapis di bawahnya.
4. Tanah dasar (*sub grade*), merupakan tanah permulaan. Tanah dasar yang telah di padatkan merupakan lapisan dasar untuk meletakkan bagian – bagian perkerasan di atasnya.

Karakteristik perkerasan tidak lepas dari mutu dan komposisi bahan penyusun, terutama perilaku aspal apabila telah berada dalam campuran perkerasan. Karakteristik perkerasan dapat ditunjukkan dengan parameter berikut ini.

3.1.1 Stabilitas

Stabilitas suatu lapisan perkerasan jalan mempunyai pengertian ketahanan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk (*deformasi*) permanen, seperti gelombang, alur maupun *bleeding*. Kebutuhan stabilitas berbanding lurus dengan jumlah lalu lintas dan beban kendaraan yang melewati jalan tersebut. Oleh sebab itu, jalan dengan volume lalu lintas yang tinggi dengan kendaraan yang berat menuntut stabilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan jalan volume lalu lintas sedang yang dilewati kendaraan ringan saja.

Jumlah lalu lintas dan beban kendaraan menentukan tingkat stabilitas yang dibutuhkan. Adapun beberapa variabel yang mempunyai hubungan dengan stabilitas sebagai berikut :

1. Gaya gesek (*friction*), tergantung pada permukaan, gradasi dan bentuk agregat, kerapatan, serta kualitas aspal.
2. Kohesi, merupakan daya lekat dari masing-masing partikel bahan perkerasan. Kohesi batuan akan terlihat dari sifat kekerasannya, sedangkan kohesi campuran tergantung dari gradasi agregat, daya adhesi aspal serta sifat bantu bahan tambah.
3. Inersia, merupakan kemampuan lapis perkerasan untuk menahan perpindahan tempat yang terjadi akibat beban lalu lintas, baik besar maupun jangka waktu pembebanan. (Sukirman, 1999)

3.1.2 Fleksibilitas

Fleksibilitas merupakan kemampuan suatu lapisan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak, perubahan volume atau perubahan yang permanen.

Fleksibilitas dengan kata lain adalah kemampuan untuk bersesuaian terhadap gerak lapis pondasi dalam jangka panjang di samping mempunyai kemampuan untuk melekok / melentur secara berulang tanpa terjadi patahan. (Sukirman, 1999)

3.1.3 Keawetan (*Durability*)

Keawetan merupakan kemampuan suatu lapis permukaan untuk menahan pengaruh cuaca, air dan perubahan suhu atau keausan akibat gesekan antara roda kendaraan dengan permukaan jalan.

Pada umumnya *durability* yang tinggi dapat diperoleh dengan memberikan kadar aspal yang tinggi, batuan yang bergradasi terbuka (*open graded*) serta campuran yang tidak permeabilitas pada campuran perkerasan. Faktor yang mempengaruhi durabilitas lapis sebagai berikut :

1. ketebalan selimut aspal (*bitumen film thickness*)
selimut aspal yang tebal akan menghasilkan campuran panas yang memiliki durabilitas tinggi, tetapi kemungkinan terjadi kelelahan (*bleeding*) tinggi,
2. rongga antar campuran yang relatif kecil menyebabkan lapis perkerasan kedap air dan udara tidak dapat masuk dalam campuran karena udara menyebabkan terjadinya oksidasi dan aspal menjadi rapuh dan getas, dan
3. rongga antar butir yang relatif besar memungkinkan selimut aspal dibuat tebal karena jika rongga antar butir agregat kecil dan kadar aspal tinggi kemungkinan terjadinya *bleeding* besar. (Sukirman, 1999)

3.1.4 Ketahanan Kelelahan (*Fatigue Resistance*)

Ketahanan kelelahan merupakan ketahanan dalam menerima beban yang berulang-ulang tanpa terjadi alur (*rutting*) dan retak.

Faktor yang menyebabkan terjadinya kelelahan antar lain, karena adanya rongga udara yang tinggi dan kadar aspal yang rendah dalam campuran

perkerasan yang menyebabkan terjadinya retak. Sedangkan rongga antar butiran dan kadar aspal yang tinggi dapat menyebabkan lapis perkerasan menjadi terlalu fleksibel dan lunak sehingga terjadi alur (*rutting*). (Sukirman, 1999)

3.1.5 Tahanan Gelincir (*Skid Resistance*)

Tahanan gelincir merupakan kekesatan yang diberikan oleh perkerasan sehingga kendaraan tidak mengalami selip baik di waktu hujan atau basah maupun di waktu kering. Kekesatan dinyatakan dengan koefisien gesek antara permukaan jalan dengan ban kendaraan. (Sukirman, 1999)

Beberapa faktor yang menyebabkan lapis permukaan mempunyai ketahanan gesek yang tinggi apabila:

1. Penggunaan kadar aspal yang tepat sehingga tidak terjadi *bleeding*,
2. Penggunaan agregat dengan permukaan kasar,
3. Adanya rongga udara yang cukup dalam campuran, sehingga bila terjadi panas/suhu udara naik aspal tidak terdesak keluar ke permukaan jalan.
4. Ketahanan terhadap kelelahan.

3.1.6 Kemudahan Dalam Pelaksanaan (*Workability*)

Maksud dari kemudahan dalam pelaksanaan adalah mudahnya suatu campuran untuk dihamparkan dan dipadatkan, sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan sesuai yang di harapkan (*spesifikasi*).

Faktor lain yang mempengaruhi adalah temperatur campuran, terutama bahan pengikat yang bersifat termoplastik, serta kandungan filler yang tinggi menyebabkan pelaksanaan sukar karena viskositas naik. (Sukirman, 1999)

3.2 Syarat – syarat Kekuatan Stuktural

Konstruksi perkerasan jalan dipandang dari segi kemampuan mendukung dan menyebarkan beban harus memenuhi syarat – syarat sebagai berikut :

1. Ketebalan yang cukup, sehingga mampu menyebarkan beban/muatan lalu lintas ke *base course*.
2. Kedap terhadap air, sehingga tidak dapat meresap ke lapisan di bawahnya.

3. Permukaan mudah mengalirkan air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya dapat dengan cepat mengalir.
4. Memiliki stabilitasi yang cukup dan dapat mendukung beban lalu lintas tanpa terjadi deformasi, bergelombang atau desakan ke samping.
5. Tidak terjadi retakan akibat beban lalu lintas.
6. Campuran aspal harus memiliki keawetan yang cukup tinggi dan tidak mudah lapuk akibat beban lalu lintas dan pengaruh cuaca. (Sukirman, 1999)

3.3 Hot Rolled Asphalt - B (HRS -B)

Hot Rolled Sheet adalah lapis penutup konstruksi perkerasan jalan, campuran ini terdiri dari agregat bergradasi senjang, menggunakan aspal keras dan pelaksanaannya, menggunakan metode aspal beton panas (*Hot Mix*), ada pun spesifikasi HRS-B yaitu seperti Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Spesifikasi HRS-B

Uraian	Spesifikasi Bina Marga (1988)	Puslitbang Jalan (1998)	
Stabilitas Marshall	550 kg-850kg	Stabilitas	>800kg
Stabilitas Marshall yang digunakan setelah perendaman 24 jam (60°)	>75 %	VMA	>18 %
VITM	3-6 %	VITM	3-6 %
Fraksi CA	30-50 %	VFWA	>68 %
Fraksi FA	39-59 %	Flow	2-4 mm
Fraksi filler	4,5-7,5 %		
Kadar Aspal	6-8 %		
MQ	180-500 (kg/mm)	MQ	200-500(kg/mm)
Pemakaian	Lalu lintas tinggi		>10 ⁶ ESAL

Sumber : Spesifikasi Bina Marga(1988) dan Puslitbang Jalan (1998)

HRS-B mempunyai persyaratan kekuatan yang sama dengan aspal konvensional (laston) tetapi bergaradasi senjang, prosedur khusus yang diberikan dalam spesifikasi ini yaitu:

1. Diperolehnya gradasi yang benar-benar senjang.
2. Dicapainya ketentuan rongga udara pada kondisi kepadatan mutlak. Untuk memperoleh gradasi senjang, hampir selalu diperlukan pencampuran antar agregat halus. (Pedoman Teknik Bina Marga No. 25/T/BM/1999)

3.4 Agregat

Agregat merupakan salah satu bahan utama perkerasan jalan selain aspal yaitu 90-95 % berdasarkan berat totalnya atau 78-85 % berdasarkan volume totalnya (Sukirman, 1998), berdasarkan pada besaran partikel, agregat dibedakan atas agregat kasar, agregat halus dan abu batu/mineral *filler*. Agregat dinyatakan dengan mengukur diameter butiran yaitu:

1. Agregat kasar, yaitu batuan yang tertahan saringan no.8.
2. Agregat halus, yaitu batuan yang lolos mulai saringan no.8 dan tertahan saringan no.30.
3. *Filler* (bahan pengisi), yaitu batuan berbutir halus yang lolos saringan no.200.

Sifat agregat menentukan kualitas sebagai material perkerasan adalah gradasi, kebersihan, kekerasan, dan ketahanan agregat, bentuk butir, tekstur permukaan untuk menyerap air, berat jenis, dan daya pelekatan dengan aspal. (Kerbs dan Walker, 1971).

3.4.1 Sifat-sifat agregat

1. Ukuran dan gradasi

Agregat batu pecah akan memiliki gaya gesek dalam (*internal friction*) yang tinggi sehingga akan menambah kestabilan konstruksi lapis keras, gradasi berpengaruh kepada banyaknya aspal yang diperlukan.

2. Kekerasan Batuan (*Toughness*)

Batuan yang digunakan harus cukup keras, untuk pengujiannya dilakukan dengan alat *Los Angeles Abrasion Test*, yaitu metode pengujian terhadap ketahanan batuan terhadap benturan dan keausan.

3. Bentuk butiran

Bentuk butiran berpengaruh pada kemudahan pekerjaan pelaksanaan, dimana agregat yang baik digunakan adalah agregat berbentuk kubus (*cubical*) karena mempunyai daya saling kunci yang baik.

4. Tekstur permukaan

Tekstur agregat yang baik adalah yang mempunyai permukaan kasar karena mempunyai gaya gesek yang baik, ikatan antar butir agregat kuat, sehingga lebih mampu menahan deformasi akibat beban lalu lintas.

5. Porositas

Porositas berpengaruh kepada kemampuan menyerap air, semakin kecil porositas maka semakin baik ikatan antara aspal dan agregat.

6. Kebersihan

Bersihnya permukaan aspal dari bahan-bahan yang melekat, berpengaruh karena dapat mengurangi daya lekat aspal terhadap batuan. (Soeprapto Totomiharjo, 1994)

3.4.2 Persyaratan Agregat

Sebagai bahan penyusun campuran, maka agregat harus memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan oleh Bina Marga, seperti pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 .Persyaratan Agregat Metode Bina Marga

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat Agregat kasar	Syarat Agregat halus
1	Keausan dengan mesin <i>Los Angeles</i>	Maks 40%	-
2	Kelekatan agregat terhadap aspal	> 95%	-
3	Penyerapan agregat terhadap air	Maks 3%	Maks 3%

Tabel 3.2 (Lanjutan)

4	Berat jenis	Min 2,5	Min 2,5
6	<i>Sand equivalent</i>	-	Min 50%

Sumber : Bina Marga (1987)

Secara umum agregat sebagai bahan jalan harus memenuhi persyaratan:

1. Tahan lama (*durable*).
2. Kuat, keras, ulet.
3. Khusus untuk bahan lapis permukaan harus diperhatikan :
 - a. keuletan /*toughness*, agregat harus memiliki keuletan yang cukup,
 - b. kekerasan/*hardness*, akan memberikan ketahanan terhadap abrasi,
 - c. daya gesek/*Polishing*, agregat halus memiliki tahanan terhadap gaya gesek,
 - d. lepasnya aspal dari agregat /*stripping*, yaitu agregat harus mempunyai nilai adhesi yang baik bahan ikatannya, dan
 - e. cuaca, antara lain terhadap perubahan suhu, air, kembang susut. (Totomiharjo, 1994)

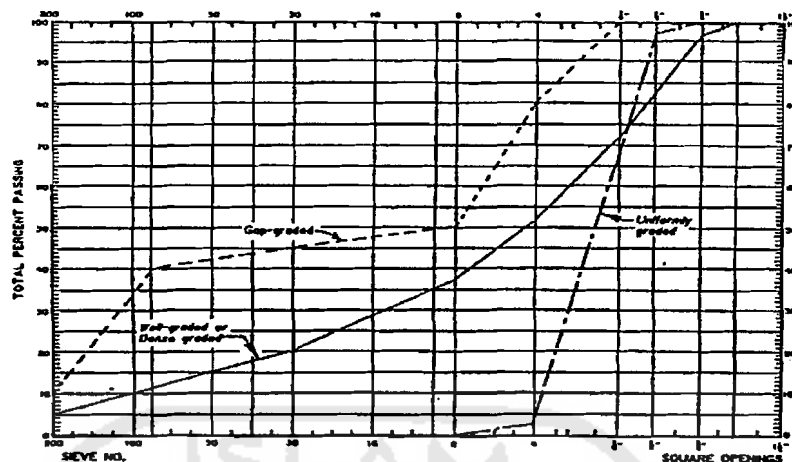
3.5 Gradasi Agregat

Gradasi adalah susunan butir agregat sesuai dengan ukurannya, ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui analisis saringan, Gradasi menentukan besarnya rongga atau pori yang mungkin terjadi dalam agregat campuran. (Sukirman, 1999)

Gradasi agregat diperoleh dari hasil analisa saringan dengan menggunakan satu set saringan. Saringan paling kasar diletakkan paling atas dan diakhiri dengan pan. Gradasi agregat dapat dibedakan sebagai berikut:

1. Gradasi terbuka/seragam (*uniform open graded*), merupakan agregat dengan ukuran yang hampir sama/sejenis yang mengandung agregat halus yang sedikit jumlahnya,
2. Gradasi rapat / baik (*dense / well graded*), merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi berimbang,
3. Gradasi buruk / senjang / celah (*poorly / gap graded*), merupakan campuran agregat yang tidak memenuhi dua jenis agregat di atas.

Analisa distribusi ukuran butiran dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut ini.

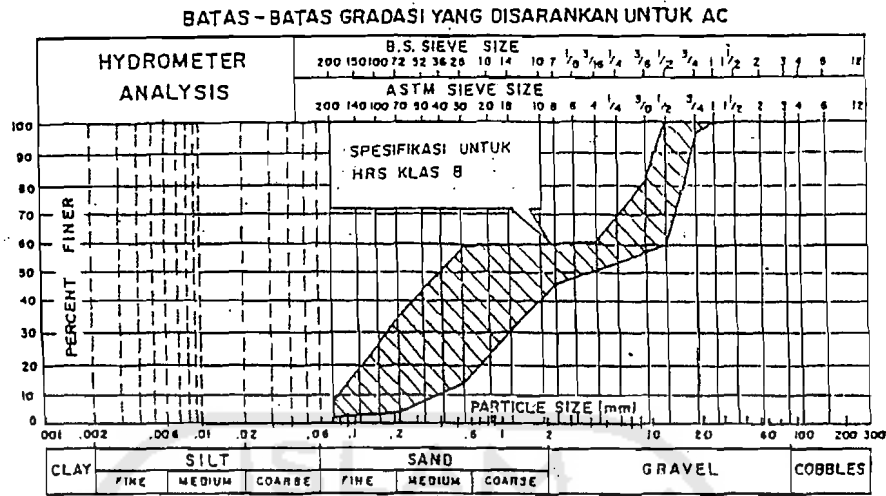


Sumber: Mix Asphalt Material, Mixture Design and construction, 1991.

Gambar 3.1 Variasi Gradasi Agregat

3.5.1 Gradasi Campuran HRS-B

Gradasi HRS-B yang digunakan adalah gradasi senjang yaitu komposisi agregat yang grafik pembagian butirnya menunjukkan ukuran-ukuran tertentu berbentuk senjang, mempunyai rongga diantara agregat (VMA) lebih besar sehingga mengakomodasi aspal yang lebih banyak, dan dapat menghasilkan campuran yang lebih awet, disyaratkan minimum 80% dari agregat yang lolos saringan 2,36 mm harus pula pada saringan 0,600 mm (Pedoman Teknik No.028/T/BM/1999), Gradasi agregat yang digunakan HRS-B dapat di lihat pada gambar 3.2 dan tabel 3.3berikut.



Sumber: Central Quality Control and Monitoring Unit(CQCMU),1998

Gambar 3.2 Gradasi HRS-B

Tabel. 3.3 Gradasi Saringan HRS-B

Ukuran Saringan	%Lolos Saringan
3/4 "	97-100
1/2 "	70-100
3/8"	58-80
#4	50-60
#8	46-60
#30	16-60
#50	10-48
#100	3-26
#200	2-8

Sumber : Central Quality Control nd Monitoring Unit (CQCMU),1998

3.6 Bahan Pengisi (*filler*)

Filler adalah suatu bahan berbutir halus yang lolos saringan 200, Bahan filler dapat berupa abu batu, kapur, *portland cement* atau bahan lain. (Totomihardjo, 1994)

1. Bahan pengisi dapat terdiri dari atas abu debu batu kapur, debu dolomit, *portland cement*, abu batu, debu tanur tinggi pembuat semen atau bahan mineral tidak plastis lainnya. Bahan pengisi harus bebas dari semua bahan yang tidak dikehendaki.
2. Bahan pengisi harus terdiri atas bahan yang lolos ukuran 0,28mm atau no .50 paling sedikit 95%.
3. Bahan pengisi harus kering dan bebas gumpalan-gumpalan, dan bila diuji menggunakan analisis saringan dengan cara pencucian sesuai dengan SNI-03-4142-1996 minimum 75% (dianjurkan 85%) lolos 0,075mm.
4. Kapur tohor dapat digunakan sebagai bahan pengisi dengan proporsi maksimum 1% terhadap berat total agregat campuran.

3.7 Aspal

Aspal adalah salah satu material konstruksi perkerasan lentur, yang bahan utamanya adalah *Hydrocarbon* atau yang dikenal dengan bitumen, komposisi aspal terdiri dari *asphaltenes maltenes*. *Asphaltenes* merupakan material berwarna hitam atau coklat tua yang tidak larut dalam *heptane*, *Maltenes* larut dalam *heptane*, merupakan cairan kental yang terdiri dari *resins* dan *oil*.

Aspal yang digunakan pada konstruksi perkerasan berfungsi sebagai,

1. Bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat dan antara aspal itu sendiri.
2. Bahan pengisi, mengisi rongga antara butir-butir agregat dan pori-pori agregat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri. Aspal haruslah mempunyai daya tahan (tidak cepat rapuh) terhadap cuaca, mempunyai sifat adhesi dan kohesi yang baik dan memberikan sifat elastis yang baik. (sukirman, 1999)

3.7.1 Sifat-Sifat Aspal:

1. Daya tahan (*Durability*)

Kemampuan aspal mempertahankan sifat asal akibat pengaruh cuaca selama masa pelayanan jalan. Sifat ini merupakan sifat dari campuran aspal.

2. Adhesi dan Kohesi

2. Adhesi dan Kohesi

Kemampuan aspal yang mengikat agregat sehingga menghasilkan ikatan yang baik antara agregat dan aspal.

3. Kepekaan terhadap temperatur

Aspal adalah material yang termoplastis, berarti akan menjadi lebih keras jika temperatur berkurang dan akan lunak atau lebih cair jika temperatur bertambah.

4. Kekerasan aspal

Semakin tipis lapisan aspal maka semakin besar tingkat kerapuhan yang terjadi (getas). (Totomihardjo, 1994).

3.7.2 Jenis Aspal.

1. Aspal Alam

Asbuton merupakan salah satu aspal alam yang merupakan campuran antara bitumen dengan mineral lainya dalam bentuk batuan, karena asbuton merupakan material alam, maka kadar bitumen yang dikandung sangat bervariasi, selain itu aspal alam juga bisa berasal dari endapan material di dalam danau seperti aspal Trinidad.

2. Aspal Minyak

Aspal minyak adalah aspal yang merupakan residu destilasi minyak bumi yang diolah untuk mendapatkan untuk mendapatkan spesifikasi sesuai dengan kebutuhan perkerasan.

Jenis Aspal Minyak.

a. Aspal Padat

Aspal yang berbentuk padat atau semi padat pada suhu ruang dan menjadi cair jika dipanaskan, Aspal padat dikenal dengan semen aspal (*asphalt cement*).

b. Aspal Cair

Aspal yang berbentuk cair pada suhu ruang, merupakan semen aspal yang dicairkan dengan bahan pencair dari hasil penyulingan minyak bumi seperti minyak tanah, bensin, solar.

c. Aspal Emulsi

Suatu campuran aspal dengan air dan bahan pengemulsi yang diberi muatan listrik, aspal emulsi dibedakan menurut jenis kecepatan mengeras dan muatan listrik yang dikandungnya. (Sukirman 1999)

3.7.3 Pemeriksaan Aspal

Aspal merupakan bahan ikat lapis perkerasan yang sesuai dengan spesifikasi, Aspal yang digunakan pada penelitian ini adalah aspal AC 60/70, Syarat-syarat aspal AC 60/70 yaitu seperti Tabel 3.4 berikut.

Tabel.3.4 Standar Pemeriksaan Aspal pen 60/70

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat	
		Min	Maks
1	Penetrasi (25°, 5 dt)	60	79
2	Titik Lembek °C (ring&ball)	48	58
3	Titik Nyala °C (clef, open cup)	200	-
4	Kehilangan Berat (163°C, 5jam)	-	0,4
5	Kelarutan dalam CCL ₄	99	-
6	Daktalitas (25°, 5cm/menit)	100	-
7	Berat Jenis (25°)	1	-

Sumber : Bina Marga (1987)

3.7.4 Campuran Aspal

Pengujian campuran percobaan meliputi pengujian sifat *Marshall* (SNI 06-24891991) dan Puslitbang Bina Marga (1998), beberapa hal yang harus diperhatikan pada perencanaan campuran aspal menurut Pedoman Teknik No.28/T/BM/1999 yaitu sebagai berikut.

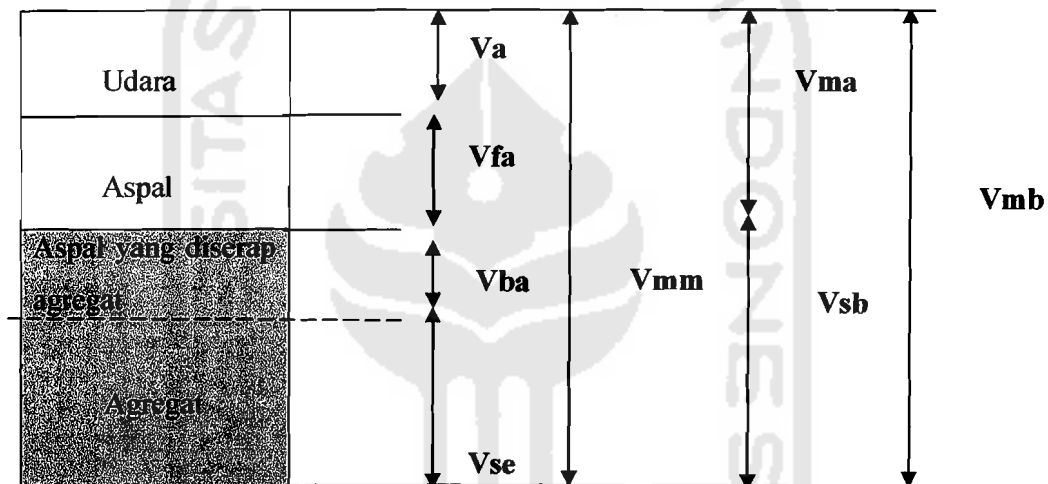
1. Komposisi Umum Campuran Aspal

Campuran aspal terdiri atas mineral agregat dan aspal, dalam beberapa hal diperlukan bahan pengisi tambahan (*added filler*) untuk menjamin

tercapainya sifat-sifat campuran, tetapi pada umumnya penggunaan bahan pengisi yang berlebihan dapat membuat aspal campuran menjadi kaku sehingga campuran menjadi kurang lentur dan mudah retak.

2. Kadar Aspal Campuran

Kadar aspal campuran rencana harus dipilih sedemikian rupa sehingga kadar aspal efektif (yaitu kadar aspal total setelah dikurangi kadar aspal yang diserap agregat) akan cukup untuk memenuhi seluruh persyaratan dalam spesifikasi. agregat dengan penyerapan tinggi memerlukan kadar aspal total yang lebih tinggi.



Sumber : Silvia Sukirman (1999)

Gambar 3.3 Skematis berbagai jenis volume aspal beton

Keterangan :

V_{ma} = Volume rongga diantara mineral agregat (VMA)

V_{mb} = Volume *bulk* campuran padat

V_{mm} = Volume padat campuran tanpa rongga

V_{fa} = Volume rongga teris aspal (VFWA)

V_a = Volume rongga dalam campuran (VITM)

V_b = Volume aspal

V_{ba} = Volume aspal yang diserap agregat

V_{sb} = Volume agregat (berdasarkan berat jenis *bulk*)

V_{se} = Volume agregat (berdasarkan berat jenis efektif)

3.8 Agregat Halus Clereng

Agregat Clereng dikenal memenuhi spesifikasi Bina Marga yang secara luas digunakan sebagai campuran beton aspal. Hasil pengujian *Marshall* terhadap campuran aspal, menunjukkan bahwa karakteristik *Marshall* seperti stabilitas, rongga dalam campuran (VIM), rongga dalam mineral agregat (VMA), rongga yang terisi aspal (VFWA), kelelahan dan *Marshall quotient* untuk rentang kadar aspal yang diterima memenuhi spesifikasi.

Hasil pengujian *Marshall Immersion* menunjukkan bahwa *Retained Stability Index* lebih besar dari 75% dengan menggunakan agregat Clereng dalam campuran aspal. (Marjohan, 1999)

Agregat Clereng mempunyai ciri-ciri fisik yaitu:

1. Berwarna agak gelap.
2. Agregat berbentuk kubus dan bersudut.
3. Permukaan agregat kasar.
4. Mempunyai permukaan berpori kecil.

3.9 Agregat Halus Vulkanik

Agregat ini termasuk di dalam jenis agregat beku (*igneus rock*) adalah agregat yang berasal dari magma yang mendingin dan membeku. Agregat beku terbentuk dari magma yang keluar dari permukaan bumi saat gunung merapi meletus, (Doddy, 1987).

Menurut Hariyadi Jamal (2002), Agregat halus Vulkanik mempunyai ciri-ciri fisik yaitu:

1. Berwarna agak gelap.
2. Agregat berbentuk bulat dan mempunyai permukaan tidak seperti kelereng.
3. Permukaan agregat kasar.
4. Mempunyai permukaan yang berpori.

Agregat Vulkanik terdiri dari beberapa unsur penyusun, berdasarkan pemeriksaan dengan parameter fisika dan kimia dilakukan oleh Balai Teknik Kesehatan Lingkungan (BTKL) Yogyakarta, Agregat vulkanik mengandung komposisi kimia seperti tercantum pada Tabel 3.6 dan 3.7 berikut.

**Tabel.3.6 Komposisi Kimia Abu Vulkanik
Gunung Merapi Yogyakarta Tahun 2002**

Nama Unsur	Jumlah Kandungan (mg/kg)
SiO ₂	1839,0
Fe ₂ O ₃	39952,0
CaO	30856,89
MgO	13977,85
SO	1800,0
Na ₃ O	6100,59

Sumber: Balai Teknik Kesehatan Lingkungan (BTKL)
Yogyakarta (2002)

**Tabel.3.7 Komposisi Kimia Abu Vulkanik
Gunung Merapi Yogyakarta Tahun 2006**

Nama Unsur	Jumlah Kandungan (mg/kg)	
	Sampel 1	Sampel 2
SiO ₂	18.672	15.672
Fe ₂ O ₃	45.682	57.854
CaO	15.602	2.015
MgO	14.109	4.053

Sumber: Balai Teknik Kesehatan Lingkungan (BTKL)
Yogyakarta (2006)

Pasir Vulkanik bersifat basa yang biasanya akan mudah dibasahi dengan aspal dan air, Agregat jenis ini disebut *hydrophobic* (bersifat menolak air). kadar lumpurnya kurang dari dua persen. Bentuk butirannya bulat agak meruncing. tingkat kekerasan pasir vulkanik Merapi juga memenuhi syarat, karena berasal dari jenis batu andesit yang berasal dari dalam perut gunung, agregat vulkanik

dapat diketahui karteristiknya dengan menggunakan tabel Jenis dan sifat batuan beku seperti Tabel 3.8 berikut.

Tabel 3.8 Jenis dan Sifat batuan beku

<i>Density</i>	warna	pH	Kandungan SiO ₂	p	h	v
Rendah	terang	asam	tinggi	<i>granite</i>	<i>micro g</i>	<i>pumice</i>
↓	↓	↓	sedang	<i>syenite</i>	<i>micro s</i>	<i>tracayte</i>
↓	↓	↓		<i>diorie</i>	<i>micro d</i>	<i>audesite</i>
tinggi	gelap	basa	rendah	<i>gabbro</i>	<i>dolerite</i>	<i>basalt</i>

Sumber : Bahan dan Struktur Jalan Raya (1994)

Keterangan:

1. *Plutonic* (p), dengan cirri berkristal kasar, keras, dan ulet.
2. *Hypabisal* (h), dengan cirri kristal sedang dan kurang tahan terhadap abrasi.
3. *Vulkanic* (v), dengan cirri berkristal halus dan pada umumnya cenderung mempunyai kekuatan yang rendah.

Dari tabel diatas didapatkan bahwa, agregat vulkanik mempunyai tingkat kekerasan (*hardeness*) dan kekuatan yang sedang, serta mempunyai sifat pozzolan karena mempunyai unsur yang menyerupai semen.

3.10 Suhu Pematatan (Viskositas)

Pengaruh temperatur sangat mempengaruhi kualitas perkerasan yang dihasilkan serta mempengaruhi tingkat kemudahan dalam pekerjaan. Temperatur yang dimaksud adalah temperatur saat pencampuran, penghamparan maupun pematatan, suhu pematatan yang dapat di lihat pada Tabel 3.9 berikut:

Tabel 3.9 Suhu pemadatan Aspal Pen 60/70

No	Prosedur Pelaksanaan	Viskositas aspal	Suhu campuran °C
			Aspal Pen 60/70
1	Penghamaparn benda uji <i>Marshall</i>	0,2	155 + 1
2	Pemadatan benda uji <i>Marshall</i>	0,4	140 + 1
3	Suhu penghamaparan masksimum di AMP	tidak diperlukan	< 165
4	pencampuran, rentang temperatur sasaran	0,2-0,5	145-155
5	menuangkan campursn dari AMP ke dalam truk	0,5-1,0	135 - 155
6	Pasokan ke penghampar (<i>paver</i>)	0,5-1,0	130 -150
7	Penggilasan awal (roda baja)	1,0 -2,0	125 -145
8	Penggilasan kedua (roda karet)	2,0 - 20,0	10 - 125
9	Penggilasan akkhir (roda baja)	< 20,0	> 95

Sumber: Diskimpraswil 2002

3.11 *Marshall Test*

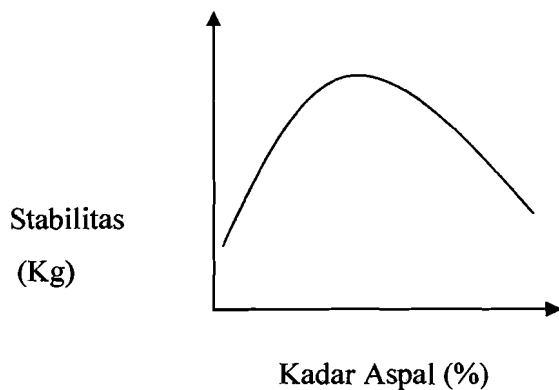
Kinerja campuran aspal dapat diperiksa dengan alat pemeriksaan *Marshall*, pemeriksaan dimaksudkan untuk menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari campuran aspal dan agregat. Kelelahan plastis adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm atau 0,01”.

Benda uji *Marshall* berbentuk silinder dengan diameter 10 cm dengan tinggi 7,5 cm, dengan berat 10 pon (4,536 kg). (Sukirman, 1992)

3.11.1 *Parameter Marshall Test*

1. Stabilitas

Stabilitas yaitu kekuatan lapis perkerasan dalam menahan beban, nilai stabilitas akan naik dengan bertambahnya jumlah aspal sampai pada nilai optimum kemudian akan turun, nilai stabilitas dipengaruhi sifat dan betuk agregat serta kadar aspal dalam campuran, seperi grafik 3.1 berikut.



Grafik 3.1 Grafik Hubungan Stabilitas dan Kadar Aspal

Nilai stabilitas diperoleh dengan rumus:

$$S = p \times q \dots \dots \dots (3.1)$$

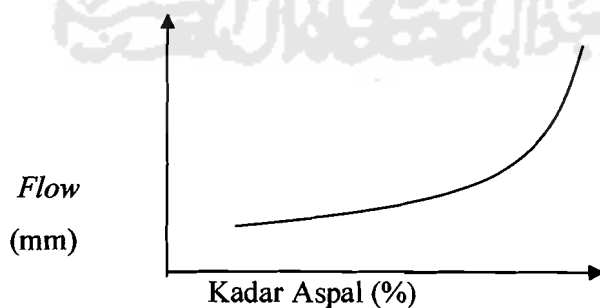
Keterangan: S = Nilai stabilitas yang sesungguhnya

p = pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat

q = angka koreksi benda uji

2. Kelelahan (*flow*)

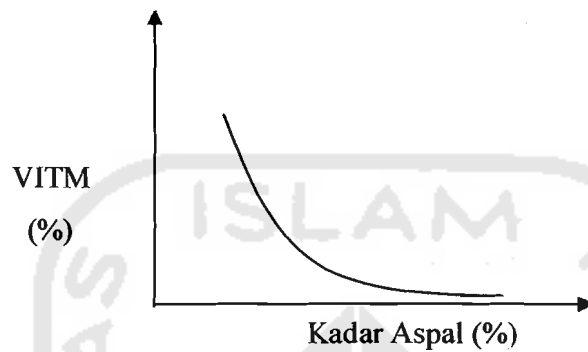
Flow yaitu besarnya deformasi yang terjadi pada suatu campuran aspal, nilai *flow* yang tinggi menyebabkan aspal mudah berubah karena aspal menjadi bersifat plastis, dan nilai *flow* yang rendah mengindikasikan bahwa campuran menjadi kaku, mudah retak dan patah, pola perubahan nilai *flow* dapat dilihat seperti grafik 3.2 berikut.



Grafik 3.2 Grafik Hubungan *Flow* dan Kadar Aspal

3. Volume Pori Dalam Beton Aspal Padat (VITM)

Adalah persentase antara volume rongga udara dengan volume total campuran setelah dipadatkan, nilai VITM akan semakin kecil apabila kadar aspal semakin besar, adapun pola dari VITM dapat dilihat pada garafik 3.3.



Grafik 3.3 Grafik Hubungan VITM dan Kadar Aspal

Nilai VITM didapat dengan rumus:

$$\text{VITM} = 100 - \left(100 \times \frac{g}{h} \right) \dots\dots\dots(3.2)$$

$$g = c/f \dots\dots\dots(3.3)$$

$$f = d - e \dots\dots\dots(3.4)$$

$$h = \left(\frac{100}{\frac{\% \text{ agregat}}{b_j \text{ agregat}} + \frac{\% \text{ aspal}}{b_j \text{ aspal}}} \right) \dots\dots\dots(3.5)$$

ket: VITM = Volume pori dalam beton aspal padat (%)

c = Berat benda uji kering (sebelum direndam)

f = Volume benda uji (gr)

d = berat basah jenuh (gr)

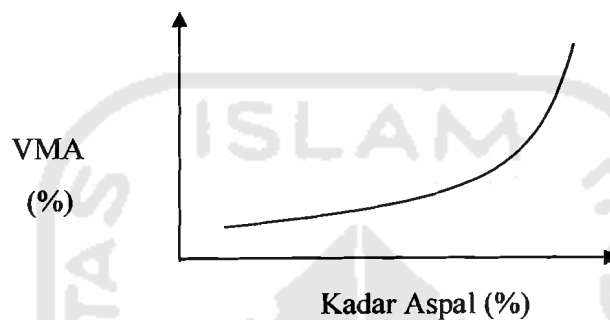
e = berat dalam air (gr)

h = berat jenis toritis

g = Berat isi benda uji/ *density* (gr/cc)

4. Volume Pori dalam Campuran (VMA)

Volume pori dalam agregat campuran (*VMA=Void in the Mineral Aggregate*), adalah banyaknya pori diantara butir-butir agregat didalam beton aspal padat, nilai VMA dipengaruhi nilai berat jenis *bulk* dari beton aspal padat, dan kadar agregat., pola perubahan nilai VMA dapat dilihat seperti grafik 3.4 berikut.



Grafik 3.4 Grafik Hubungan VMA dan Kadar Aspal

Nilai VMA didapat dengan rumus:

$$VMA = \left(100 - \frac{Gmb}{Gsb} \times \frac{100 \cdot 100}{100 + Pa_1} \right) \dots \dots \dots (3.6)$$

Ket : VMA = Volume pori dalam campuran (%)

Gmb = Berat jenis *bulk* dari beton aspal

Pa₁ = Kadar aspal, % terhadap berat agregat

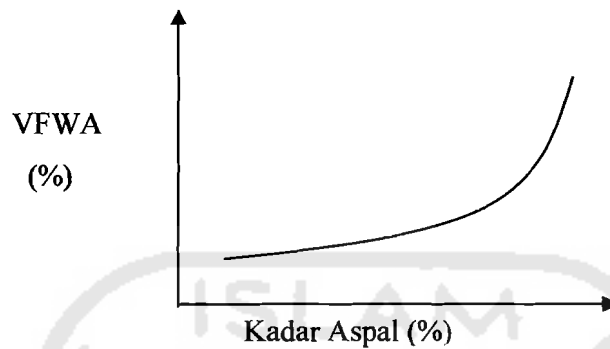
Gsb = Berat jenis *bulk* dari agregat pembentuk aspal beton padat.

5. Volume Pori Antara Butir Agregat Terisi Aspal (VFWA)

VFWA adalah bagian dari VMA yang terisi oleh aspal, tidak termasuk didalamnya aspal yang terabsorpsi oleh masing-masing agregat, dengan demikian aspal yang mengisi VFWA adalah aspal yang berfungsi untuk menyelimuti butir-butir agregat didalam beton aspal.

Dengan jumlah volume pori agregat yang besar di dalam aspal, maka selimut aspal lebih tipis dan menyebabkan berkurangnya durabilitas beton aspal, sebaliknya jika terabsorpsi sedikit maka selimut aspal akan tebal, durabilitas

beton aspal lebih baik, tetapi kemungkinan *bleeding* akan semakin besar, pola perubahan nilai VFWA dapat dilihat seperti grafik 3.5 berikut.



Grafik 3.5 Grafik Hubungan VFWA dan Kadar Aspal

Nilai VFWA didapat dengan rumus:

$$\text{VFWA} = 100 \left(\frac{\text{VMA} - \text{VITM}}{\text{VMA}} \right) \% \text{ dari VMA} \dots \dots \dots (3.7)$$

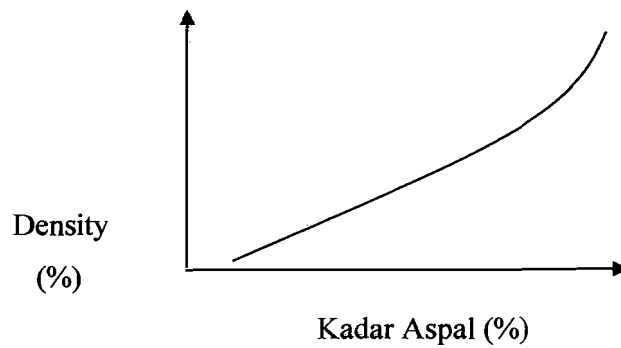
Ket: VFWA = Volume pori antara butir agregat yang terisi aspal

VMA = Volume pori antara butir agregat didalam campuran

VITM = Volume pori dalam beton aspal padat.

6. Kepadatan (*Density*)

Nilai *density* menunjukkan tingkat kepadatan suatu campuran perkerasan agregat dan aspal, nilai kepadatan menunjukkan kerapatan campuran yang telah dipadatkan, semakin besar nilai *density*, kerapatan dan kepadatan campuran semakin baik sehingga kemampuan perkerasan untuk menahan beban besar semakin besar, pola perubahan nilai *density* dapat dilihat pada grafik 3.6 berikut.



Grafik 3.6 Grafik Hubungan *Density* dan Kadar Aspal

Nilai *Density* didapat dari rumus :

$$f = d - e \dots\dots\dots(3.3)$$

$$g = c/f \dots\dots\dots(3.4)$$

- ket: c = Berat benda uji kering (sebelum direndam)
 g = *density* (gr/cc)
 f = Volume benda uji (gr)
 d = berat basah jenuh (gr)
 e = berat dalam air (gr)

7. Nilai Hasil bagi *Marshall Quotient* (MQ)

Marshall Quotient (MQ) adalah nilai bagi stabilitas dan *flow*, sebagai parameter sifat campuran, nilai MQ mengalami penurunan di karenakan dengan naiknya nilai stabilitas dan nilai *flow* menghasilkan campuran dengan nilai yang memenuhi persyaratan Puslitbang Bina Marga 1998 yaitu 200-500 kg.

Nilai MQ didapat dari rumus:

$$MQ = \frac{R}{S} \dots\dots\dots(3.8)$$

Ket :

MQ = *Marshall Quotient* (Kg/mm)

S = Stabilitas (kg)

R = Kelelahan/ *flow* (mm)

8. *Immersion Test.*

Adalah uji yang bertujuan untuk mengetahui perubahan karakteristik dari campuran akibat pengaruh perendaman air dan suhu, Hasil perhitungan yang digunakan yaitu dengan membandingkan nilai stabilitas campuran rendaman 24 jam (S_2) dengan stabilitas perendaman biasa yaitu 0,5jam (S_1)

$$\text{Index of Retained Strength} = \frac{S_2}{S_1} \times 100\% \dots\dots\dots(3.9)$$

3.11.2 Hasil Pengujian *Marshall Test*

1. Kadar aspal, dinyatakan dalam bilangan desimal satu angka dibelakang koma.
2. Berat volume, dinyatakan dalam ton/m^3 .
3. Stabilitas, dinyatakan dalam bilangan bulat, stabilitas menunjukkan kekuatan, ketahanan terhadap alur.
4. Kelelahan plastis (*flow*), dinyatakan dalam mm atau 0,01". *Flow* merupakan indikator terhadap lentur.
5. VIM adalah persen rongga dalam campuran, dinyatakan dalam bilangan desimal satu angka di belakang koma, VITM merupakan indikator dari durabilitas, kemungkinan *bleeding*.
6. VMA adalah persen rongga terhadap agregat, dinyatakan dalam bilangan bulat. VMA merupakan indikator durabilitas.
7. Hasil bagi Marshall (*Quotient Marshall*), yaitu hasil bagi stabilitas dan *flow*, dinyatakan dalam dalam kN/mm , merupakan indikator kelenturan yng potensial terhadap keretakan.
8. Penyerapan aspal dalam persen terhadap berat campuran, sehingga diperoleh gambaran kadar aspal efektifnya.
9. Tebal lapisan aspal (*film aspal*) dinyatakan dalam mm, *film aspal* merupakan petunjuk tentang durabilitas campuran.
10. Kadar aspal efektif dinyatakan dalam bilangan desimal dua angka di belakang koma.

11. *Immersion test* dinyatakan dalam persen merupakan nilai hasil bagi perendaman normal (S_1) dan perendaman *immersion* (S_2). (Manual Pemeriksaan Bahan Jalan , 1976)

