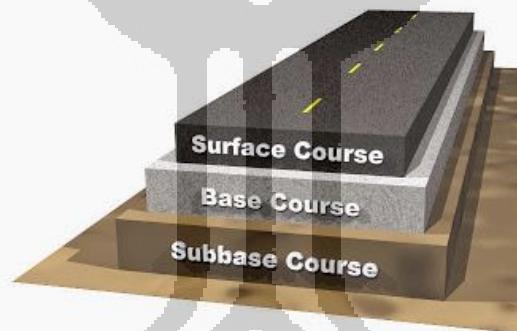


## BAB III LANDASAN TEORI

### 3.1 Konstruksi Perkerasan Lentur Jalan

Lapisan perkerasan lentur merupakan lapisan-lapisan yang berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan meneruskannya ke lapis dibawahnya. Lapisan-lapisan ini mempunyai *fleksibilitas*/kelenturan yang dapat menciptakan kenyamanan kendaraan dalam melintas di atasnya.

Perkerasan lentur terdiri atas beberapa lapisan yaitu lapisan pondasi bawah (*Subbase Course*), lapisan pondasi atas (*Base Course*), dan lapisan permukaan (*Surface Course*). Komponen pada perkerasan lentur dapat dilihat pada pada Gambar 3.1 berikut.



**Gambar 1.1 Komponen Perkerasan Lentur**

(Sumber : <http://rinjani24.blogspot.com/2013/12/perkerasan-jalan.html>)

#### 3.1.1 Lapisan Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapisan pondasi bawah (*subbase course*) adalah lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan lapis pondasi atas.

Lapis pondasi bawah berfungsi sebagai berikut.

1. Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar,
2. Sebagai lapis peresapan, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi,
3. Sebagai lapisan untuk mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi atas,
4. Mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar lapisan-lapisan selebihnya dapat dikurangi tebalnya.

#### 3.1.2 Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapisan pondasi atas adalah lapisan perkerasan yang terletak di antara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan. Bahan-bahan untuk lapis pondasi atas harus cukup kuat dan awet sehingga dapat menahan beban-beban roda.

Lapis pondasi atas berfungsi sebagai berikut.

1. Sebagai bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban ke lapisan di bawahnya,
2. Sebagai bantalan terhadap lapisan permukaan.

#### 3.1.3 Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan permukaan adalah lapisan yang bersentuhan langsung dengan beban roda kendaraan.

Lapis permukaan berfungsi sebagai berikut.

1. Sebagai lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan di bawahnya,
2. Sebagai lapisan aus (*wearing course*),
3. Sebagai lapisan rapat air untuk melindungi badan jalan kerusakan akibat cuaca.

### 3.2 Superior Performing Asphalt Pavements (Superpave)

*Strategic Highway Research Program (SHRP)* telah membuat spesifikasi baru untuk gradasi campuran aspal yang disebut *Superpave*. Lima jenis gradasi agregat dikategorikan dalam ukuran nominal maksimum. Pada kondisi jalan di Indonesia sering terjadinya kerusakan berupa retak dan deformasi permanen, hal ini sesuai dengan yang dilakukan para peneliti *Strategic Highway Research Program (SHRP)*

dimana campuran *Superpave* menitikberatkan 2 bahasan yaitu deformasi plastis dan suhu rendah yang mengakibatkan retak. Salah satu cara menambah ketahanan terhadap deformasi plastis adalah dengan menetapkan agregat yang tahan terhadap temperatur tinggi dan gaya geser yaitu agregat yang berbentuk kubikal kasar, gradasi yang dapat membuat daya rekat antara butiran sehingga saling mengunci. Adapun spesifikasi gradasi yang ditetapkan *Superpave* dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut.

**Tabel 1.1 Spesifikasi Gradasi Campuran *Superpave***

Standar Saringan ( mm )	% Lolos pada Ukuran Nominal Maksimum				
	9,5 mm	12,5 mm	19 mm	25 mm	37,5 mm
50					100
37,5				100	90-100
25			100	90-100	Maks. 90
19		100	90-100	Maks. 90	
12,5	100	90-100	Maks. 90		
9,5	90-100	Maks. 90			
2,36	32-67	28-58	23-49	19-45	15-41
0,075	2-10	2-10	2-8	1-7	0-0,6

Sumber : *SHRP* (1994)

### 3.3 Bahan Penyusun Perkerasan Lentur

Bahan yang akan digunakan sebagai penyusun perkerasan lentur jalan terdiri dari agregat kasar, agregat halus, aspal, *filler* dan dapat ditambahkan bahan lainnya sesuai dengan jenis campuran aspal yang digunakan. Berikut adalah penjelasan dari bahan penyusun perkerasan lentur.

#### 3.1.4 Agregat

Menurut SNI 1737-1989, agregat merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat dalam ukuran besar maupun kecil atau *fragmen-fragmen*. Agregat merupakan bagian terbesar dalam suatu campuran aspal. Bina Marga (2010) membedakan agregat berdasarkan ukuran butiran menjadi 3 golongan sebagai berikut.

1. Agregat kasar, yaitu agregat yang tertahan saringan 4,75 mm (No.4)

2. Agregat halus, yaitu agregat yang lolos saringan 4,75 mm (No.4)
3. Bahan pengisi (*filler*), yaitu material berupa bagian dari agregat halus yang minimum 75% lolos saringan 0,075 mm (No.200)

Berdasarkan ketentuan Bina Marga (2010) dapat dilihat pada Tabel 3.2 dan 3.3 mengenai ketentuan agregat kasar dan agregat halus. Berikut adalah ketentuan agregat kasar dan halus.

**Tabel 1.2 Ketentuan Agregat Kasar**

Pengujian		Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	<i>Natrium sulfat</i>	SNI 3407 : 2008	Maks. 12%
	<i>Magnesium sulfat</i>		Maks. 18%
Abrasi dengan mesin <i>Los Angless</i>	Campuran AC Modifikasi	100 putaran	Maks. 6%
		500 putaran	Maks. 30%
	Semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya	100 putaran	Maks. 8%
		500 putaran	Maks 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 2439 : 2011	Min. 95%
Butir pecah pada agregat kasar		SNI 7619 : 2012	95/90
Partikel pipih pada agregat kasar		ASTM D4179 Perbandingan 1 : 5	Maks. 10%
Material lolos ayakan No.200		SNI 09-4142-1996	Maks. 2%

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (2010)

**Tabel 1.3 Ketentuan Agregat Halus**

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min 50% untuk SS, HRS dan AC bergradasi halus Min 70% untuk AC bergradasi kasar
Material Lolos Ayakan No.200	SNI 03-4428-1997	Maks. 8%
Kadar Lumpur	SNI 3423 : 2008	Maks 1%
Angularitas (kedalaman dari permukaan <10 cm)	AASHTO TP-33	Min. 45
Angularitas (kedalaman dari permukaan >10 cm)	ASTM C1252-93	Min. 40

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (2010)

### 3.1.5 Bahan Pengikat (Aspal)

Bahan Pengikat (Aspal) adalah material berwarna hitam kecoklatan yang terbuat dari komposisi hidrokarbon, nitrogen dan oksigen yang bersifat melekat dan *termoplastis*. Aspal atau sering disebut bitumen ini digunakan pada campuran beraspal sebagai bahan pengikat yang dimanfaatkan dalam lapis permukaan perkerasan lentur.

Aspal menurut *American Society For Testing and Materials (ASTM)* adalah suatu material yang berwarna coklat tua sampai hitam, padat atau semi-padat yang terdiri dari bitumen-bitumen yang terdapat di alam atau diperoleh dari residu minyak bumi. Komposisi utama dari aspal sendiri merupakan hidrokarbon dengan atom C>40. Di alam, aspal dapat diperoleh secara alami maupun dari hasil pengolahan minyak bumi.

Adapun fungsi aspal dalam campuran aspal beton diantaranya sebagai lapis bahan pengikat dimana untuk memberikan ikatan yang kuat antara agregat dan aspal, fungsi aspal lainnya sebagai bahan pengisi dimana aspal difungsikan untuk mengisi rongga antara butir agregat dan pori-pori yang ada pada campuran.

Berdasarkan tempat diperolehnya, aspal dibedakan menjadi aspal minyak dan aspal alam. Aspal minyak adalah aspal yang merupakan residu pengilangan minyak bumi. Aspal alam yaitu aspal yang didapat disuatu tempat alam yang memperolehnya tanpa proses pemasakan.

Aspal Starbit adalah aspal modifikasi berbasis elastomer yang telah dikembangkan oleh PT. Bintang Djaja dan mulai dipasarkan pertengahan tahun 2005. Starbit E-55 diproduksi untuk memenuhi persyaratan spesifikasi baru Bina Marga dimana perbedaan dengan aspal modifikasi lainnya yaitu Starbit merupakan aspal yang dimodifikasi dengan polimer jenis elastomer, peningkatan kualitas aspal yang didapat tidak hanya berupa peningkatan titik leleh, namun juga *elastic recovery* (sangat penting untuk daerah dengan lalu lintas berat), kelekatan terhadap agregat, ketahanan terhadap oksidasi, ketahanan terhadap *fatigue* (keretakan), dan ketahanan terhadap deformasi. (PT. Bintang Djaja, 2013 dalam Romadhona, 2015).

Adapun mengenai ketentuan-ketentuan dalam pengujian aspal dapat dilihat pada Tabel 3.4 berikut.

**Tabel 1.4 Ketentuan Aspal Starbit E-55**

No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Starbit E-55
1	Penetrasi pada 25 °C (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	Min 40
2	Viskositas Dinamis 60 °C (Pa.s)	SNI 06-6441-2000	320-480
3	Viskositas Kinematis 135 °C (cSt)	SNI 06-6461-2000	Max 3000
4	Titik Lembek (°C)	SNI 06-2434-2011	Min 54
5	Daktilitas Pada 25 °C (Cm)	SNI 06-2432-2011	Min 100
6	Titik Nyala (°C)	SNI 06-2433-2011	Min 232
7	Kelarutan dalam <i>Trichloroethylene</i> (%)	AASHTO T44-03	≥ 99
8	Berat Jenis	SNI 06-2441-2011	Min 1,0

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (2010)

### 3.1.6 Bahan Pengisi (*Filler*)

*Filler* adalah bahan butiran halus yang berfungsi sebagai pengisi pada pembuatan campuran aspal (*void in mix*) sehingga memberikan pengaruh untuk meningkatkan kepadatan. Menurut Bina Marga (2010), *filler* yang ditambahkan dapat berupa debu batu kapur (*limestone dust*), semen atau abu terbang. Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan serta jika diuji harus mengandung bahan yang lolos ayakan No.200. Semua campuran beraspal harus mengandung bahan pengisi yang ditambahkan tidak kurang dari 1% dan maksimum 2% dari berat total agregat.

Adapun persyaratan *filler* dapat dilihat pada Tabel 3.5 berikut.

**Tabel 3.5 Ketentuan *Filler***

Pengujian	Standar	Nilai
Material lolos saringan no.200	SNI 03-6723-2002	Min. 75%

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (2010)

### 3.1.7 Batu Gamping

Batu gamping adalah batuan sedimen yang utamanya tersusun oleh *kalsium karbonat* ( $\text{CaCO}_3$ ) dalam bentuk mineral kalsit. Batu gamping/kapur yang mengandung kalsium karbonat tersebut dipanaskan dengan suhu pemanasan ( $\pm 980^\circ\text{C}$ ) karbondioksidanya keluar dan tinggal kapurnya saja ( $\text{CaO}$ ). Proses kimia dari pemanasan  $\text{CaCO}_3$  menjadi kapur dapat ditulis sebagai berikut.



Menurut Peter E. Sebaaly dalam Mashuri (2013) terdapat keuntungan dalam penggunaan kapur dalam campuran beraspal dimana kapur dapat meningkatkan ketahanan perkerasan beton aspal terhadap pengelupasan (*stripping*) akibat air, mengurangi proses adanya oksidasi dan memperbaiki sifat mekanis dalam campuran

beton beraspal. Penggunaan kapur juga dapat mempengaruhi kinerja campuran beton aspal dengan meningkatkan ikatan antara aspal dan agregat. Batu kapur memiliki berat jenis  $2,387 \text{ gr/cm}^3$ , berwarna putih, dan memiliki kekerasan sebesar  $2,7 - 3,4 \text{ mohs}$ .

*Filler* pengganti yang digunakan pada penelitian ini adalah serbuk batu gamping yang merupakan mineral kaslit.

### 3.4 Karakteristik Campuran

Dalam suatu campuran beraspal harus memiliki sifat campuran diantaranya stabilitas (*stability*) yang tinggi, keawetan/daya tahan (*durability*) yang tinggi, kelenturan (*flexibility*) tinggi, kekesatan terhadap geser (*skid resistance*), ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*), kemudahan pekerjaan (*workability*), kedap air (*impermeability*).

### 3.5 Karakteristik Pengujian Marshall

Adapun penjelasan dari karakteristik pengujian *Marshall* adalah sebagai berikut.

#### 3.1.8 Nilai Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas tanpa terjadinya perubahan bentuk seperti alur dan gelombang sampai terjadinya kelelahan plastis. Nilai stabilitas tergantung dari tekstur permukaan agregat, gradasi agregat, kepadatan campuran dan kadar aspal.

Rumus dalam perhitungan nilai stabilitas diperoleh dengan Persamaan 3.1 berikut.

$$qs = p \times q \quad (3.1)$$

Keterangan :

qs = nilai stabilitas,

p = pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi *proving ring*,

q = angka koreksi benda uji



### 3.1.9 Kelelahan (*Flow*)

*Flow* adalah keadaan dimana benda uji mengalami perubahan bentuk pada suatu campuran beton aspal yang terjadi akibat suatu benda sampai batas runtuh. Kelelahan menunjukkan besarnya deformasi vertikal yang terjadi pada keadaan stabilitas maksimum akibat adanya pembebanan. Besarnya nilai *flow* dinyatakan dalam mm atau 0,01". Nilai *flow* dipengaruhi oleh kadar aspal, viskositas aspal, gradasi agregat, jumlah dan temperatur pemadatan

### 3.1.10 *Marshall Quotinet (MQ)*

Nilai *MQ* menyatakan sifat kekakuan suatu campuran. Bila nilai *MQ* terlalu tinggi, maka campuran akan cenderung terlalu kaku dan mudah retak. Sebaliknya bila nilai *MQ* terlalu rendah, maka perkerasan menjadi terlalu lentur dan cenderung kurang stabil.

Nilai *Marshall Quotinet* diperoleh dengan Persamaan 3.2 berikut.

$$MQ = \frac{S}{R} \quad (3.2)$$

Keterangan :

S = nilai stabilitas (kg)

R = nilai *flow* (mm)

*MQ* = nilai *marshall quotient* (kg/mm)

### 3.1.11 *Void In The Mix (VITM)*

*Void in the mix* adalah perbandingan volume % rongga terhadap total campuran padat yang dinyatakan dalam %. Nilai *VITM* berpengaruh terhadap keawetan dari campuran aspal agregat, semakin tinggi nilai *VITM* menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat porus. Adapun cara mendapatkan nilai *VITM* sebagai berikut.

$$VITM = 100 - (100 \times \frac{g}{h}) \quad (3.3)$$

$$h = \frac{100}{\left[ \frac{\% \text{ agregat}}{b.j \text{ agregat}} + \frac{\% \text{ aspal}}{b.j \text{ aspal}} \right]} \quad (3.4)$$

Keterangan :

g = berat volume benda uji / nilai *density* (gr/cc),

h = berat jenis maksimum teoritis (gr/cc).

### 3.1.12 *Void Filled With Asphalt (VFWA)*

*Void filled with asphalt* adalah presentase rongga dalam campuran yang terisi aspal setelah mengalami proses pemadatan. Semakin tinggi nilai *VFWA* maka semakin banyak rongga dalam campuran yang terisi aspal sehingga kekedapan campuran terhadap udara dan air akan semakin meningkat. Sebaliknya, nilai *VFWA* yang terlalu kecil berarti *VITM* terlalu besar, tidak saja mengakibatkan stabilitas rendah namun dapat pula menurunkan kekedapan terhadap air dan meningkatkan oksidasi yang selanjutnya aspal akan mudah mengeras dan tidak awet.

Nilai *VFWA* dapat diperoleh dengan Persamaan 3.5 sampai Persamaan 3.8 berikut.

$$m = 100 \times \frac{i}{l} \quad (3.5)$$

$$i = \frac{b \times g}{B_j \text{ Aspal}} \quad (3.6)$$

$$l = 100 - j \quad (3.7)$$

$$j = \left( \frac{(100-b) \times g}{B_j \text{ Agregat}} \right) \quad (3.8)$$

Keterangan :

m = nilai *VFWA (Void Filled With Asphalt)* (%)

g = berat isi sampel (gr/cc)

b = Presentase aspal terhadap campuran

### 3.1.13 *Void in Mineral Agregat (VMA)*

*Void in Mineral Agregat* adalah rongga udara antar butir agregat aspal padat, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif, yang dinyatakan dalam persen terhadap

total volume. *VMA* memperlihatkan jarak antar agregat pada kondisi tertentu. Apabila nilai *VMA* terlalu kecil maka campuran bisa mengalami kondisi durabilitas, dan jika *VMA* terlalu besar maka campuran bisa memperlihatkan masalah stabilitas dan tidak ekonomis.

Perhitungan *VMA* terhadap campuran adalah dengan Persamaan 3.9 berikut.

$$VMA = 100 - \frac{(100-B) \times G}{bJ \text{ Agg}} \quad (3.9)$$

Keterangan :

*VMA* = rongga dalam agregat mineral (persen volume curah),

B = % aspal terhadap campuran, dan

G = berat isi campuran.

#### 3.1.14 Kerapatan (*Density*)

*Density* adalah tingkat kerapatan campuran setelah campuran dipadatkan. Semakin tinggi nilai *density* suatu campuran menunjukkan bahwa kerapatannya semakin baik. Nilai *density* dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya gradasi campuran, jenis bahan susun, jumlah dan faktor pemadatan maupun temperatur dan penggunaan kadar aspal. Kerapatan didapat dengan Persamaan 3.10 dan Persamaan 3.11 berikut.

$$BD = G = \frac{c}{f} \quad (3.10)$$

$$f = d - e \quad (3.11)$$

Keterangan :

c = berat benda uji sebelum direndam (gr)

d = berat benda uji jenuh air (gr)

e = volume benda uji di dalam air (ml)

f = volume benda uji (ml)

BD = berat volume benda uji

### 3.6 Pengujian *Indirect Tensile Strength Test (ITS)*

*Indirect Tensile Strength Test (ITS)* adalah suatu metode pengujian untuk mengetahui nilai gaya tarik dari campuran aspal beton. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui adanya potensi keretakan perkerasan di lapangan.

Pengujian *Indirect Tensile Strength Test* ini hampir mirip dengan pengujian *Marshall Test*, yang membedakan hanyalah pada pengujian *ITS* tidak menggunakan cincin penguji namun menggunakan plat berbentuk cekung dengan lebar 12,5 mm pada bagian penekan *Marshall*. Pengujian dilakukan dengan melakukan pembebanan tekan yang dilakukan secara terus menerus dengan laju konstan sampai mencapai batas maksimum, dimana setelah pembebanan maksimum maka benda uji akan mengalami retakan (*fatigue*).

Besarnya *Indirect Tensile Strength* dapat diperoleh menggunakan Persamaan 3.12

$$ITS = \frac{P_{\text{runtuh}}}{h} \times A_o \quad (3.12)$$

Keterangan :

*ITS* = *Indirect Tensile Strength* (N/mm<sup>2</sup>)

$P_{\text{runtuh}}$  = beban puncak (kg)

$h$  = tinggi sampel (cm)

$A_o$  = konstanta

### 3.7 Pengujian *Cantabro*

Pengujian *Cantabro* merupakan pengujian yang dilakukan dengan menggunakan alat uji *Los Angeles* dengan tujuan untuk mengetahui besarnya nilai keausan akibat adanya pengaruh beban roda lalu lintas. Pengujian *Cantabro* dilakukan dengan memasukkan benda uji kedalam mesin *Los Angeles* tanpa menggunakan bola baja didalamnya. Adapun rumus untuk pengujian *Cantabro* dapat dilihat pada persamaan 3.13 berikut.

$$CALi = \frac{(m_{i1} - m_{i2})}{m_{i1}} \times 100 \quad (3.13)$$

Keterangan :

CALi = *Cantabro Abrasion Loss (%)*

Mi 1 = berat mula-mula benda uji (*specimen*) (gr), dan

Mi 2 = berat benda uji (*specimen*) setelah pengujian (gr)

### 3.8 Pengujian *Immersion Test*

*Immersion Test* adalah Pengujian yang dilakukan dengan memasukkan benda uji kedalam *waterbath* lebih dari 24 jam. Pengujian *Immersion* ini hampir sama dengan pengujian *Marshall* namun berbeda dalam waktu perendamannya saja didalam *waterbath*. Pada penelitian ini pengujian *Immersion* dilakukan dengan memasukkan benda uji didalam *waterbath* selama 24 jam dan suhu konstan 60°C. Adapun rumus dalam pengujian *Immersion Test* dapat dilihat pada persamaan 3.14 berikut.

$$\text{Index of retained strength} = \frac{S_2}{S_1} \times 100\% \quad (3.14)$$

Keterangan :

S<sub>1</sub> = Stabilitas setelah direndam selama 0,5 jam

S<sub>2</sub> = Stabilitas setelah direndam selama 24 jam.

### 3.9 Pengujian *Anova*

*Anova (Analysis of Varian)* adalah salah satu uji komparatif yang digunakan untuk menguji perbedaan *mean* (rata-rata) data lebih dari dua kelompok. Untuk melakukan uji *Anova*, harus dipenuhi beberapa asumsi diantaranya.

1. Sampel berasal dari kelompok yang independen,
2. *Varian* antar kelompok harus homogen,
3. Data masing-masing kelompok berdistribusi normal.

Prinsip pengujian *One Way Anova* adalah melakukan analisis variabilitas data menjadi dua sumber variasi yaitu variasi di dalam kelompok (*within*) dan variasi antar kelompok (*between*).

Hasil nilai asumsi homogenitas bila varian data sama, maka bisa disimpulkan nilai sig. dari uji *Anova* satu arah, dengan syarat bila nilai sig. > 0,05 maka hipotesis

nol ( $H_0$ ) diterima, berarti tidak terdapat perbedaan yang signifikan, atau bila nilai sig.  $< 0,05$  maka hipotesis nol ( $H_0$ ) ditolak atau hipotesis alternatif ( $H_1$ ) diterima, berarti terdapat perbedaan yang signifikan.

