

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah suatu lapisan yang diletakan di atas tanah dasar setelah dipadatkan yang berfungsi untuk memikul dan menyebarkan beban, baik ke arah horizontal maupun vertikal dan akhirnya meneruskan beban ke tanah dasar (*Subgrade*), agar tanah dasar tidak mendapat tekanan melampaui daya dukung ijin. Pada umumnya lapis perkerasan terdiri atas beberapa lapis, dengan kualitas bahan makin ke atas semakin baik. Secara umum konstruksi perkerasan jalan dibagi menjadi tiga (3) jenis, yaitu.

1. Perkerasan lentur (*Flexible pavement*) Yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan ikat.
2. Perkerasan kaku (*Rigid pavement*) Yaitu perkerasan yang menggunakan portland cement sebagai bahan ikat.
3. Perkerasan komposit (*Composite pavement*) Yaitu perkerasan yang merupakan kombinasi antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku.

Perbedaan utama dari perkerasan lentur dan perkerasan kaku adalah bagaimana struktur tersebut menyalurkan beban lalu lintas ke tanah dasar. Pada perkerasan lentur penyebaran beban tergantung dari sifat dan kemampuan masing-masing lapisannya. Sedangkan pada perkerasan kaku beban disebarkan ke tanah

dasar dengan daerah penyebaran yang luas, sehingga tekanan tanah yang diterima oleh tanah dasar menjadi lebih kecil.

Dalam uraian selanjutnya akan dibahas mengenai lapis keras lentur. Pada prinsipnya lapis perkerasan lentur tersusun atas 3 bagian yaitu :

1. Lapis permukaan (*Surface course*)
2. Lapis pondasi atas (*Base course*).
3. Lapis pondasi bawah (*Subbase course*)

Fungsi dari lapis perkerasan jalan secara struktural adalah untuk mendukung beban lalu lintas, kemudian menyalurkannya ke tanah dasar secara merata. Adapun fungsi tiap lapisan adalah sebagai berikut :

1. Lapis Permukaan (*Surface Course*) :
 - a. Mendukung langsung beban lalu lintas dan meneruskan kelapisan dibawahnya.
 - b. Menahan gaya geser dari beban roda.
 - c. Sebagai lapis aus akibat gaya gesek dan cuaca.
 - d. Sebagai lapis kedap air untuk melindungi lapisan dibawahnya.
 - e. Sebagai lapis permukaan yang memberikan kenyamanan bagi pemakai jalan.
2. Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)
 - a. Sebagai lapis pendukung bagi lapis permukaan dan menahan gaya geser.
 - b. Sebagai lapis peresapan untuk lapis pondasi bawahnya.
3. Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

- a. Menyebarkan beban roda.
- b. Sebagai lapis peresapan.
- c. Mencegah tanah dasar masuk ke lapis pondasi akibat tekanan roda.

Pada penelitian ini dilakukan pengujian terhadap campuran agregat, aspal dan bahan tambah yang ditujukan untuk lapis permukaan (*Surface course*).

3.2 Karakteristik Perkerasan

Lapis perkerasan jalan harus memenuhi karakteristik tertentu sehingga menghasilkan lapis perkerasan yang kuat, awet dan nyaman untuk melayani lalu lintas. Karakteristik dari lapis perkerasan, juga tidak lepas dari sifat bahan penyusunnya. Khususnya perilaku aspal dalam campuran lapis perkerasan. Adapun unsur-unsur yang harus dimiliki oleh lapis perkerasan yang baik adalah sebagai berikut.

3.2.1 Stabilitas

Stabilitas adalah besarnya kemampuan lapis perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja. Kebutuhan stabilitas berbanding lurus dengan jumlah lalu lintas dan beban kendaraan yang melewatinya. Stabilitas tidak selalu identik dengan daya dukung lapis perkerasan, menurunnya stabilitas belum tentu daya dukungnya menurun.

Beberapa variabel yang mempunyai hubungan terhadap stabilitas adalah gesekan, kohesi dan inersia. Dimana ketiganya tergantung dari tekstur permukaan, gradasi agregat, kerapatan campuran dan kemampuan untuk menahan perpindahan tempat.

3.2.2 *Fleksibilitas*

Fleksibilitas pada lapis perkerasan adalah kemampuan lapisan untuk mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas tanpa menimbulkan retak. *Fleksibilitas* yang tinggi dapat diperoleh dengan cara :

1. menggunakan kadar aspal yang tinggi sehingga diperoleh *Void In The Mix* (VITM) yang kecil,
2. menggunakan agregat bergradasi senjang sehingga diperoleh *Void In Mineral Agregat* (VMA) yang besar.

3.2.3 *Keawetan (Durability)*

Keawetan adalah kemampuan lapis perkerasan untuk menahan pengaruh cuaca, air dan perubahan temperatur atau keausan akibat gesekan antara roda kendaraan dengan permukaan jalan. Keawetan yang baik untuk campuran perkerasan dilakukan dengan memberikan kadar aspal yang tinggi dan gradasi rapat, sehingga ikatan antar partikel akan kuat.

3.2.4 *Kemudahan dalam pelaksanaan (Workability)*

Kemudahan dalam pelaksanaan adalah kemampuan campuran untuk dihamparkan dan dipadatkan dengan mudah. Faktor-faktor yang mempengaruhi kemudahan pelaksanaan adalah .

1. Gradasi agregat, agregat yang bergradasi baik lebih mudah dilaksanakan dari agregat bergradasi jelek/timpang.

2. Temperatur campuran, temperatur campuran sangat mempengaruhi bahan pengikat (aspal) yang bersifat *thermoplastis* sehingga berpengaruh pada saat pelaksanaan di lapangan.
3. Kandungan bahan pengisi yang sedikit, akan memudahkan dalam pelaksanaan.

3.2.5 Ketahanan kelelahan (*Fatigue resistance*)

Ketahanan kelelahan adalah ketahanan dari lapis perkerasan jalan dalam menerima beban berulang. Tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak.

Faktor yang mempengaruhi ketahanan terhadap kelelahan adalah.

1. *Void In The Mix* (VITM) yang tinggi dan kadar aspal yang rendah akan mengakibatkan kelelahan yang lebih cepat.
2. *Void In The Mineral Agregat* (VMA) yang tinggi serta kadar aspal yang tinggi akan mengakibatkan lapis perkerasan menjadi *fleksibel*.

3.3 Modulus Kekakuan

3.3.1 Kekakuan Bitumen (*Bitumen Stiffness*)

Kekakuan Bitumen adalah perbandingan antara tegangan dan regangan pada bitumen yang besarnya tergantung pada temperatur dan lama pembebanan yang diterapkan. Kekakuan bitumen dapat dipengaruhi juga oleh kemurnian aspal yang digunakan. Nilai kekakuan bitumen ditentukan dengan Nomogram Van Der Poel dan persamaan yang diturunkan oleh Ullidz, dimana pada pemakaian Nomogram Van Der Pool memerlukan data seperti :

1. temperatur rencana perkerasan (T) dalam °C,

2. titik lembek aspal atau *Softening Point* (*SPr*) dari *Ring and Ball Test* dalam °C,
3. waktu pembebanan (*t*) dalam detik yang tergantung pada kecepatan kendaraan,
4. indeks penetrasi (*PIr*).

Selain dengan menggunakan nomogram Van Der Pool di atas, kekakuan bitumen dapat dicari dengan menggunakan persamaan yang diturunkan Ullidz.

$$S_b = 1,157 \cdot 10^{-7} \cdot t^{-0,368} \cdot 2,718^{-PIr} \cdot (SPr - T)^5$$

Dimana :

S_b = *Stiffness Modulus of Bitument* (Mpa)

t = Waktu pembebanan (Detik)

PIr = Indeks Penetrasi

SPr = Temperatur titik lembek (°C)

T = Temperatur Perkerasan (°C)

Persamaan tersebut diatas dapat digunakan jika memenuhi persyaratan sebagai berikut ini.

$$0,01 < t < 0,1$$

$$-1 < PIr < 1$$

$$20^\circ C < (SPr - T) < 60^\circ C$$

3.3.2 Kekakuan Campuran (*Mix Stiffness*)

Kekakuan Campuran adalah perbandingan antara tegangan dan regangan pada campuran bitumen yang besarnya tergantung dari temperatur dan lamanya

pembebanan yang diterapkan. Formula atau metode yang bisa diterapkan untuk menetapkan Mix Stiffness yaitu.

1. Metode Shell.

Dalam Metode ini untuk mencari modulus kekakuan campuran digunakan nomogram shell seperti pada gambar 3.3. Pada metode ini diperlukan data-data sebagai berikut.

- a. Modulus kekakuan bitumen (N/mm^2) dimana nilai modulus kekakuan bitumen ini didapatkan dari perhitungan atau dengan nomogram Van Der Pool seperti gambar 3.1 diatas.
- b. Volume bahan pengikat / V_b (%)
- c. Volume mineral agregat / V_g (%).

Untuk memperoleh nilai-nilai V_b dan V_g dapat dicari dengan menggunakan cara perbandingan volume penyusun campuran (Hot Mix Asphalt Material Mixture Design and Construction, 1991).

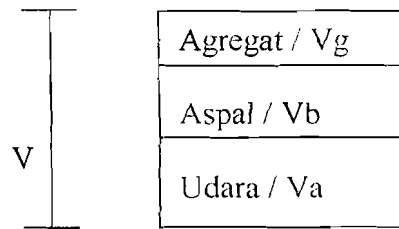
Perbandingan Volume Penyusun Campuran

Komposisi dari volume campuran dalam kondisi padat dapat dilihat pada gambar 3.2 di bawah ini.

V_g = Prosentase volume agregat

V_b = Prosentase volume bahan pengikat

V_a = Prosentase volume udara



Gambar 3.2. Komponen – komponen dalam campuran

Sumber : Shell Pavement Design Manual, 1978

Prosentase volume bahan pengikat dapat dihitung dengan persamaan :

$$V_b = \frac{(100 - V_a) / (M_B / G_b)}{(M_B / G_b) / (M_A / G_a)} \dots \dots \dots (3.1)$$

Kadar pori dalam campuran dapat dihitung dengan persamaan :

$$V_a = \frac{(\gamma_{\max} - \gamma_m) \cdot 100}{\gamma_{\max}} \dots \dots \dots (3.2)$$

dengan :

$$\gamma_{\max} = \frac{100 \cdot \gamma_w}{(M_B / G_b) + (M_A / G_a)} \dots \dots \dots (3.3)$$

Selanjutnya dapat dihitung prosentase volume agregat dengan persamaan :

$$V_g = V_b + V_a \dots \dots \dots (3.4)$$

Dengan :

$$V_g + V_b + V_a = 100 \% \dots \dots \dots (3.5)$$

Dimana :

M_A : Perbandingan berat agregat dengan total berat campuran (%)

M_B : Perbandingan berat bitumen dengan total berat campuran (%)

G_a : Berat jenis campuran agregat

G_b : Berat jenis bahan ikat bitumen

γ_m : Berat volume campuran padat (kg/m^3)

γ_w : Berat volume air (kg/m^3)

V_g : Prosentase volume agregat

V_b : Prosentase volume bitumen

V_a : Prosentase volume udara

2. **Metode Heukelom and Klomp** (1964), Nilai kekakuan campuran.
(Transportation Research Record 1095, 1995)

Disini diberikan formula untuk mencari nilai kekakuan campuran yaitu :

$$S_{mix} = S_{bit} \cdot \left[1 + \frac{2,5}{n} \cdot \frac{C_v}{1 - C_v} \right]^n \dots\dots\dots(3.6)$$

Dimana :

$$n = 0,83 \cdot \log (4 \cdot 10^{10} / S_{bit})$$

S_{mix} = kekakuan campuran (N/m²)

S_{bit} = kekakuan bitumen (N/m²)

Van Der Poel menyimpulkan bahwa modulus campuran bitumen tergantung pada modulus kekakuan bitumen dan konsentrasi volume agregat (C_v).

$$C_v = \frac{V_g}{V_g + V_b} \dots\dots\dots(3.7)$$

Dimana :

V_g = Prosentase Volume agregat padat

V_b = Prosentase volume bitumen

Rumus diatas hanya digunakan untuk kepadatan dengan volume rongga kurang dari 3 %. Untuk kepadatan dengan volume rongga lebih besar 3 % digunakan rumus :

$$C_v' = \frac{C_v}{1 + 0,01(V_v - 0.03)} \dots\dots\dots(3.8)$$

dimana :

C_v' = Modifikasi volume agregat

V_v = Volume rongga udara dalam campuran

Persamaan tersebut dapat dipakai jika konsentrasi volume bitumen memenuhi syarat sebagai berikut :

$$C_b > 2/3 \times (1 - C_v) \dots \dots \dots (3.9)$$

Dimana :

$$C_b = \frac{V_b}{V_b + V_g} \dots \dots \dots (3.10)$$

3.4 Bahan Perkerasan

Bahan utama penyusun perkerasan lentur adalah agregat dan aspal sebagai bahan pengikat. Perbandingan pemakaian agregat dan aspal tergantung pada kebutuhan dan jenis perkerasan. Pemakaian agregat untuk lapis keras HRS B kurang lebih 92 %-93 % sedangkan aspal berkisar antara 7 %-8% dari berat total campuran. Untuk menghasilkan perkerasan yang berkualitas tinggi maka kedua bahan tersebut harus berkualitas tinggi pula dan memenuhi persyaratan yang diijinkan. Agar maksud tersebut dapat terpenuhi maka pemahaman/perigertian tentang sifat-sifat dan karakteristik masing-masing bahan penyusun perkerasan harus dimengerti dengan benar.

3.2.1 Agregat

Agregat adalah batuan pecah, kerikil, pasir atau komposisi mineral lainnya, baik berupa hasil alam maupun hasil pengolahan. Agregat merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yaitu mengandung 90 – 95 % agregat berdasarkan persentase berat atau 75 – 85 % agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian sifat dan kualitas agregat menentukan daya

dukung, keawetan dan mutu perkerasan jalan disamping hasil campuran agregat dengan material lain serta proses pelaksanaannya.

Gradasi atau distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas perkerasan. Gradasi agregat menentukan besarnya rongga antar butiran yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan pelaksanaannya.

Berdasarkan gradasi yang dimilikinya agregat dapat dibedakan atas beberapa macam gradasi, yaitu.

1. Gradasi seragam (*Uniform graded*)

Gradasi ini sering disebut gradasi terbuka, dimana agregat yang digunakan memiliki gradasi yang sejenis. Lapis perkerasan yang dihasilkan akan bersifat permeabilitas tinggi, stabilitas kurang dan berat volume kecil.

2. Gradasi rapat (*Dense graded*)

Gradasi ini sering disebut dengan agregat bergradasi baik karena memiliki perbandingan agregat yang seimbang.

3. Gradasi Buruk (*Poorly graded*)

Merupakan komposisi agregat yang tidak memenuhi kategori diatas.

Pada campuran HRS B gradasi agregat yang dipakai adalah gradasi timpang (Silvia Sukirman,1999), dimana pemakaian agregat halus dan agregat kasar berimbang sehingga terdapat banyak rongga antar campuran. Spesifikasi gradasi agregat HRS B dan persyaratannya dapat dilihat tabel 3.1 dan tabel 3.2 sebagai berikut ini.

Tabel 3.1 Spesifikasi campuran agregat untuk HRS B

Ukuran Saringan	% Berat lolos saringan
Inchi	
¾	97 – 100
½	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 and Monitoring Unit (CQCMU) 1988*

Tabel 3.2 Persyaratan HRS B

No	Spesifikasi	Nilai
1	Jumlah tumbukan	75 x 2
2	Rongga udara	3 – 6 %
3	Tebal film aspal	8 µm
4	Marshall Quotient	1,8 – 5,0 kN/mm
5	Stabilitas	550 – 1250 kg
6	Flow	2 – 4 mm

Sumber : *Central Quality Control and Monitoring Unit (CQCMU) 1988*

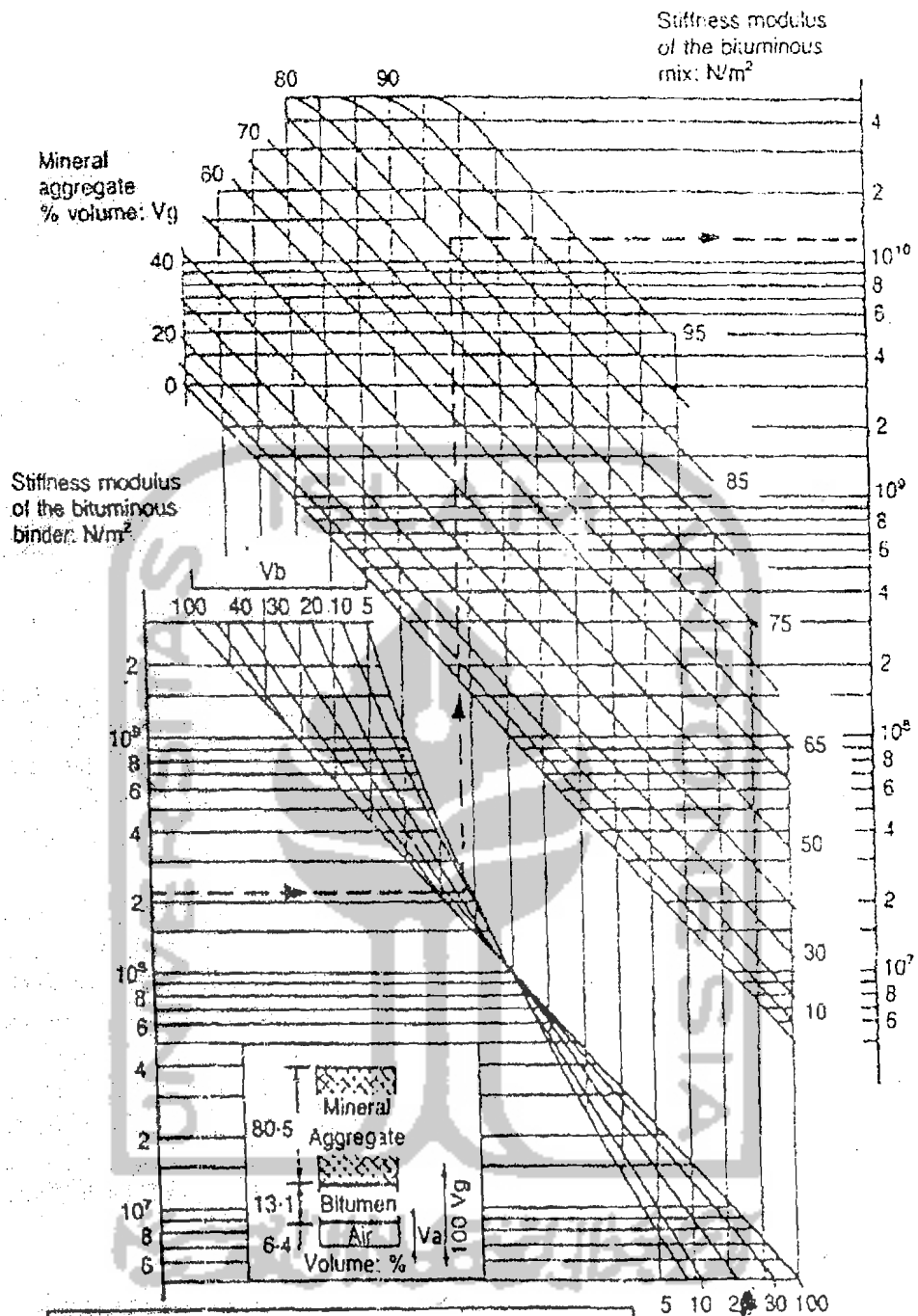
3.2.2 Aspal

Aspal adalah material penyusun HRS – B yang cukup penting karena mempunyai kandungan yang besar dalam campuran HRS-B. Aspal berfungsi sebagai pengikat material penyusun perkerasan selama umur pelayanan, serta sebagai pelumas pada saat pemadatan. Sifat lekat tersebut karena adanya resin, sedangkan sifat pelumasnya karena adanya unsur oils pada maltene.

Aspal merupakan bahan padat atau semi padat yang berwarna coklat gelap sampai hitam, sebagian besar penyusunnya bitumen yang terjadi di alam atau dari hasil penyulingan minyak bumi. Aspal semen (AC) atau aspal keras adalah aspal yang dibuat dengan kekentalan dan kualitas khusus. (Kerbs and Walker, 1971).

Pengelompokan aspal semen dapat dilakukan berdasarkan nilai penetrasi pada temperatur 25°C ataupun berdasarkan nilai viskositasnya. Aspal semen dengan penetrasi rendah digunakan di daerah bercuaca panas atau lalu lintas dengan volume tinggi, sedangkan aspal semen dengan penetrasi tinggi digunakan untuk daerah bercuaca dingin atau lalulintas dengan volume rendah. Pada penelitian ini aspal yang digunakan adalah aspal semen dengan penetrasi 60/70.

Kepekaan terhadap temperatur dari aspal juga ditunjukkan oleh perubahan konsistensinya (penetrasi dan viskositas) akibat perubahan temperatur. Aspal yang mempunyai kepekaan tinggi terhadap perubahan temperatur akan menghasilkan lapis perkerasan yang lebih keras dan akan retak pada temperatur yang sangat dingin, sedangkan aspal dengan kepekaan temperatur rendah kemungkinan terjadinya retak-retak sangat kecil dan tidak menjadi lunak pada temperatur yang tinggi, sehingga akan menghasilkan konstruksi dengan stabilitas yang tinggi (Wallace and Rogers, J, 1967).



For example
 Stiffness modulus of the recovered binder $2 \times 10^8 \text{ N/m}^2$
 Vb: volume of binder 13.1%
 Volume of mineral aggregate 80.5%
 Stiffness modulus of the mix $1.1 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$
 Bituminous binder % volume: Vb

Gambar 3.3. Nomogram Shell
 Sumber : Shell Pavement Design Manual, 1978