

BAB III

LANDASAN TEORI

A. Konstruksi Perkerasan

Lapis perkerasan jalan adalah suatu lapisan yang diletakkan di atas permukaan tanah dasar, setelah dipadatkan akan berfungsi sebagai pemikul beban lalu lintas yang lewat di atasnya secara aman dan nyaman. Selanjutnya beban yang diterima oleh lapisan tersebut diteruskan/disebarkan ke tanah dasar yang ada di bawahnya agar tanah mendapatkan tekanan yang tidak melampaui daya dukung ijinnya. Perkerasan dikelompokkan ke dalam dua jenis, yaitu :

1. Perkerasan lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasan yang biasanya menggunakan bahan ikat aspal.
2. Perkerasan tegar (*rigid pavement*), yaitu perkerasan yang biasanya menggunakan bahan ikat semen portland.

Disamping jenis perkerasan tersebut diatas, penggabungan dari keduanya disebut perkerasan gabungan (*composite pavement*).

Pada prinsipnya lapis keras lentur jalan raya tersusun atas tiga bagian yaitu lapis pondasi bagian bawah, lapis pondasi bagian atas dan lapis permukaan. Fungsi penting dari lapis keras jalan secara struktural adalah mendukung beban lalu lintas yang kemudian menyalurkannya pada tanah dasar secara merata.

Adapun fungsi dari tiap lapis perkerasan jalan tersebut adalah sebagai berikut :

1. Lapis permukaan (*surface course*)
 - a. memberikan sebuah lapis permukaan yang rata

- b. menahan gaya geser dari roda
 - c. sebagai lapis aus
 - d. sebagai lapis kedap air.
2. Lapis atas (*base course*)
- a. sebagai lapis pendukung bagi lapis permukaan dan ikut menahan geser
 - b. sebagai lapis peresapan untuk lapis pondasi bawah.
3. Lapis pondasi bawah (*sub base course*)
- a. menyebarkan beban roda
 - b. sebagai lapis peresapan
 - c. sebagai lapisan pertama untuk perkerasan karena umumnya tanah dasar lemah.

Pada penelitian ini dilakukan pengujian terhadap campuran agregat dan aspal yang ditujukan untuk lapis permukaan yang bersifat struktural (*asphalt concrete*).

B. Beton Aspal

Beton aspal adalah salah satu jenis konstruksi perkerasan lentur yang merupakan campuran antara aspal keras (AC) dengan agregat bergradasi menerus, kemudian dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada temperatur tertentu. Campuran beton aspal dengan gradasi meperus ditentukan agar diperoleh ukuran agregat yang terbesar sampai dengan yang terkecil, sehingga dengan demikian dapat dicapai campuran dengan kepadatan yang maksimum.

Beton aspal yang digunakan sebagai lapis permukaan harus memenuhi syarat-syarat kekuatan (struktural) dan juga syarat-syarat non struktural. Sebagai lapis yang mempunyai fungsi struktural, maka beton aspal harus mempunyai daya dukung

tertentu dalam mendukung beban lalu lintas, yang biasanya dinyatakan dalam nilai stabilitas Marshall. Sedangkan fungsi non strukturalnya beton aspal harus dapat melindungi lapisan dibagian bawah dari pengaruh air serta sebagai lapis aus.

Untuk dapat memenuhi fungsi tersebut maka beton aspal harus memenuhi persyaratan tertentu seperti stabilitas, kelelahan, volume rongga dan lain-lain dengan nilai tertentu.

C. Kadar Aspal

Kadar aspal adalah jumlah kandungan aspal yang terdapat didalam suatu campuran beton aspal. Jumlah kadar aspal yang digunakan pada campuran beton aspal akan berpengaruh terhadap stabilitas, keawetan, kelenturan serta kekesatan dari lapisan beton aspal. Jumlah kadar aspal yang terlalu rendah akan menghasilkan campuran dengan film aspal yang tipis dan daya ikat antar butir akan lemah sehingga keawetan, kelenturan serta kekuatan beton aspal akan rendah. Sedangkan pemakaian kadar aspal yang terlalu tinggi akan mengakibatkan rongga udara yang kecil sehingga tidak memungkinkan terjadinya pemadatan tambahan akibat beban lalu lintas sehingga perkerasan menjadi kaku (fleksibilitas rendah) dan pada temperatur tinggi dapat terjadi bleeding yang akan mengurangi kekesatan lapis perkerasan.

Dari penjelasan diatas maka dapat diambil suatu kesimpulan bahwa haruslah ditentukan campuran antara agregat dan aspal seoptimal mungkin sehingga dihasilkan lapisan perkerasan dengan kualitas yang seoptimal mungkin.

D. Marshall Test

Marshall test adalah cara yang digunakan untuk pemeriksaan campuran beton aspal (ASTM D-1559-62T) dengan maksud menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap kelelahan plastis (flow) dari campuran aspal.

Ketahanan (stabilitas) adalah kemampuan dari suatu campuran beton aspal untuk menerima beban sampai terjadinya kelelahan plastis yang dinyatakan dalam kilogram atau pound.

Kelelahan plastis adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran aspal yang terjadi akibat suatu beban batas runtuh yang dinyatakan dalam milimeter atau inchi.

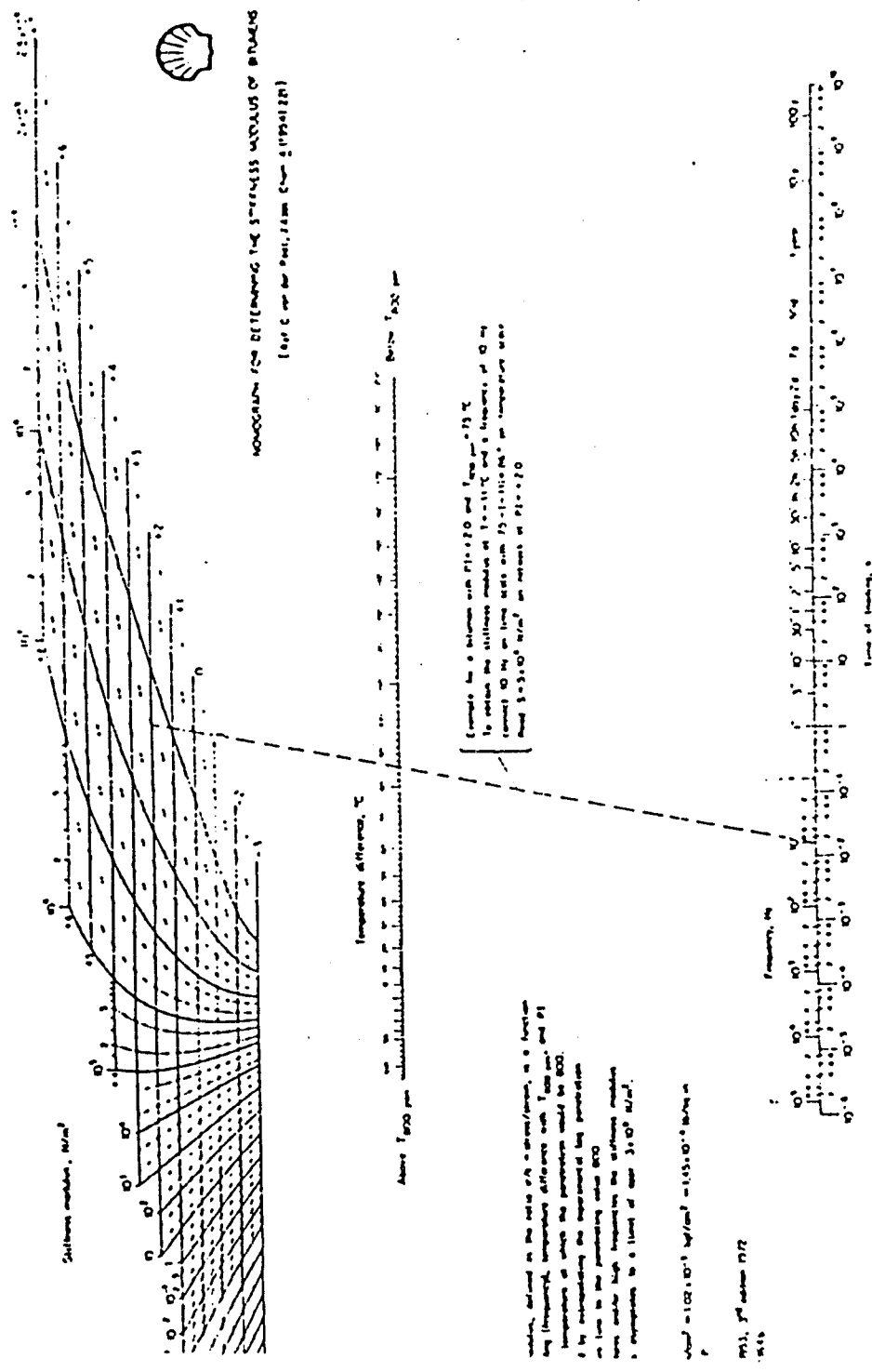
E. Modulus Kekakuan

1. Kekakuan Bitumen (*Bitument Stiffness*)

Kekakuan bitumen adalah perbandingan antara tegangan dan regangan pada bitumen yang besarnya tergantung pada temperatur dan lamanya pembebanan. Nilai kekakuan bitumen dapat ditentukan dengan menggunakan nomogram **Van der Poel** seperti pada gambar 3.1. Adapun cara menggunakannya dengan memerlukan data-data sebagai berikut :

1. Temperatur rencana perkerasan (T) dalam ($^{\circ}\text{C}$)
2. Titik lembek atau *softening Point* (Spr) dari tes *Ring and Ball* ($^{\circ}\text{C}$)
3. Waktu pembebanan (t) dalam (detik) yang tergantung pada kecepatan kendaraan
4. Penetration Index (PI)

Waktu pembebanan untuk tebal lapis perkerasan antara 100 - 350 mm dapat diperkirakan dari hubungan empiris yang sederhana seperti berikut :



Gambar 3.1.1. Nomogram untuk menetapkan kekakuan bitumen (Sb)

Sumber : An Introduction to the Analytical Design of Bituminous Pavement, SF Brown and Janet M.Bruton (1978)

$$t = \frac{s}{v} \text{ detik} \dots\dots\dots (1)$$

dengan : v = kecepatan kendaraan dalam km/jam

s = panjang tapak roda dalam m

Didalam menghitung lama pembebanan suatu perkerasan ada suatu cara lain yang diformulakan sebagai berikut :

$$\text{Log } (t) = 5 \times 10^{-4} \times h - 0,2 - 0,94 \times \text{log } (v) \dots\dots\dots (2)$$

dengan : h = tebal perkerasan (cm)

v = kecepatan kendaraan (km/jam)

Penetrasi Index dihitung dari SPr (temperatur titik lembek) dan penetrasi bitumen setelah dihamparkan, dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{PIr} = \frac{1951,4 - 500 \text{ log Pr} - 200 \text{ SPr}}{50 \text{ log Pr} - \text{Spr} - 120,14} \dots\dots\dots (3)$$

dengan : PIr = *Recovered Penetration Index* dari aspal.

Nilai Penetration Index (PI) dan SPr (temperatur titik lembek) yang digunakan dalam persamaan tersebut dalam kondisi sudah dihamparkan. Untuk itu perlu dilakukan asumsi sebagai berikut :

$$\text{Pr} = 0,65 \text{ PI} \dots\dots\dots (4)$$

$$\text{SPr} = 98,4 - 26,35 \text{ log Pr} \dots\dots\dots (5)$$

dengan :

PI = Penetrasi bitumen dalam kondisi asli (0,1 mm)

Pr = Penetrasi bitumen dalam kondisi dihamparkan (0,1 mm)

SPr = Temperatur titik lembek dari bitumen dalam kondisi dihamparkan (°C)

Karena hitungan perencanaan didasarkan pada karakteristik bitumen terhadap penetrasi awalnya, maka substitusi dari persamaan (4) dan (5) ke dalam (3) memberikan persamaan untuk Penetration Index dalam kondisi dihiparkkan sebagai berikut :

$$PI_r = \frac{27 \log PI - 21,65}{76,35 \log PI - 232,82} \dots\dots\dots (6)$$

Selain dengan menggunakan nomogram yang dikembangkan oleh **Van der Poel**, kekuatan bitumen dapat juga dicari dengan menggunakan persamaan yang diturunkan oleh **Ullidz**, sebagai berikut :

$$S_b = 1,157 \times 10^{-7} \times t^{-0,368} \times 2,718^{-PI_r} \times (SP_r - T)^5 \dots\dots\dots (7)$$

dengan :

S_b = Stiffness bitumen, dalam Mpa

t = Waktu pembebanan, dalam detik

PI_r = Recovered Penetration Index dari aspal

SP_r = Recovered Softening Point dari aspal °C

T = Temperatur rencana perkerasan °C

1,47 x suhu udara rata-rata tahunan (untuk deformasi tetap)

1,92 x suhu udara rata-rata tahunan (untuk retak karena kelelahan)

Persamaan tersebut diatas dapat dipergunakan jika memenuhi persyaratan sebagai berikut :

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

$$-1 < PI_r < 1$$

$$20^0 < (SP_r - T) < 60^0$$

2. Kekakuan Campuran (*Mix Stiffness*)

Kekakuan campuran adalah perbandingan antara tegangan dan regangan pada campuran aspal beton yang besarnya tergantung dari temperatur dan lamanya pembebanan yang ditetapkan. metode yang diterapkan untuk menentukan “*Mix Stiffness*” (S_{Mix}) diantaranya :

a. Metode Shell

Untuk mencari modulus kekakuan campuran beton aspal digunakan nomogram pada gambar 3.2. Dengan memasukkan parameter yang berupa kekuatan bahan ikat aspal (S_b) dan perbandingan volume dari bahan penyusun campuran lapis keras, maka angka kekakuan campuran (S_m) dapat ditentukan. Pada metode ini diperlukan data-data sebagai berikut :

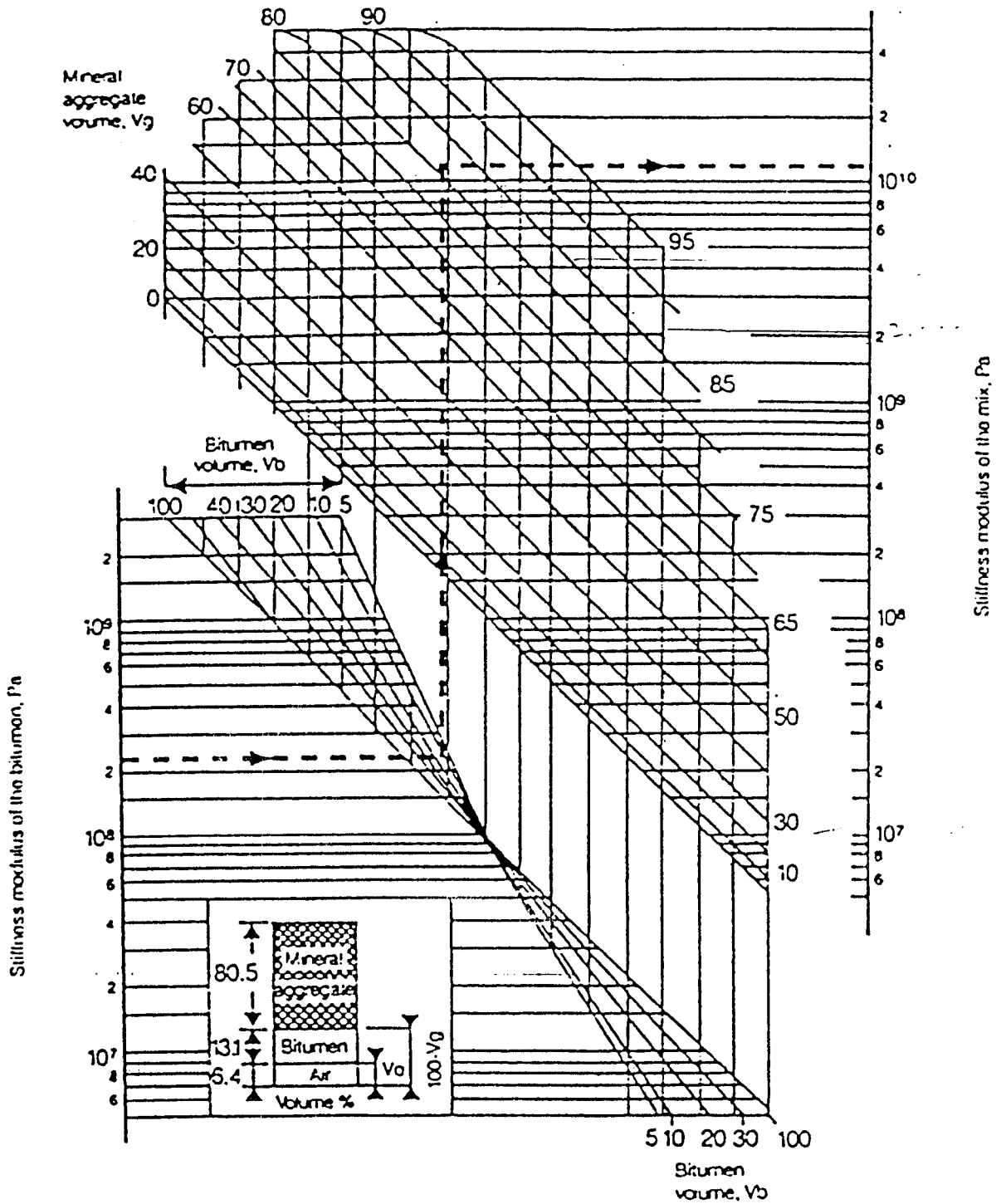
1. Modulus kekakuan bitumen (N/m^2), dimana modulus kekakuan ini didapatkan dari perhitungan atau dengan nomogram seperti telah disebutkan diatas.
2. Volume bahan pengikat (%)
3. Volume mineral agregat (%)

Persentase volume bahan pengikat dapat dihitung berdasarkan persamaan :

$$V_b = \frac{(100 - V_v) (M_B/G_b)}{(M_B/G_b) + (M_A/G_a)} \dots\dots\dots (8)$$

Kadar pori dalam campuran dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$V_v = \frac{(\max - m) \times 100}{\max} \dots\dots\dots (9)$$



Gambar 3.2. Nomogram penentuan kekakuan campuran

Sumber : SHELL Pavement Design Manual (1978)

dengan :

$$\max = \frac{100 \times w}{(MB/Gb) + (MA/Ga)} \dots\dots\dots (10)$$

Selanjutnya dapat dihitung nilai VIM agregat dengan persamaan :

$$VMA = Vb + Vv \dots\dots\dots (11)$$

dan

$$Vv + Vb + Vg = 100 \% \dots\dots\dots (12)$$

dengan :

MA = Perbandingan berat agregat dengan total berat campuran (%)

MB = Perbandingan berat bahan ikat bitumen dengan total berat campuran (%)

Ga = Berat jenis campuran agregat

Gb = Berat jenis bahan ikat bitumen

m = Berat volume campuran padat (kg/m^3)

w = Berat volume air (kg/m^3)

Vg = Persentase volume agregat

Vb = Persentase volume bitumen

Vv = Persentase volume pori

b. Metode Heukellom and Klomp (1964)

Berikut ini formula untuk mencari nilai kekakuan campuran.

$$S_{\text{mix}} = S_{\text{bit}} \left[1 + \left[\frac{2,5}{n} \times \frac{Cv}{1 - Cv} \right]^n \right] \dots\dots\dots (13)$$

dengan :

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

$$S_{Mix} = \text{mix modulus (N/m}^2\text{)}$$

$$S_{bit} = \text{bitumen modulus (N/m}^2\text{)}$$

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

$$C_v = \frac{V_g}{V_g + v_b} \dots\dots\dots (14)$$

dengan :

$$V_g = \text{Persentase volume agregat padat}$$

$$V_b = \text{Persentase volume bitumen}$$

Rumus diatas hanya berlaku untuk kepadatan dengan volume rongga kurang dari 3%.

Untuk kepadatan dengan volume rongga lebih besar dari 3% digunakan rumus :

$$C_v = \frac{C_v}{1 + 0,01 (V_v - 3,0)} \dots\dots\dots (15)$$

dengan :

$$C_v = \text{Modifikasi volume agregat}$$

$$V_v = \text{Volume rongga udara dalam campuran}$$

Persamaan tersebut dapat digunakan jika konsentrasi volume bitumen (C_b) memenuhi syarat sebagai berikut :

$$C_b > 2/3 (1 - C_v) \dots\dots\dots (16)$$

$$C_b = \frac{V_b}{V_g + V_b} \dots\dots\dots (17)$$

dengan :

V_b = Persentase volume bitumen