

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Bahan Perkerasan Jalan

Bahan penyusun perkerasan lentur terdiri dari aspal, agregat, dan filler. Bahan-bahan tersebut harus memenuhi persyaratan/spesifikasi yang telah ditetapkan Bina Marga.

##### 2.1.1 Aspal

Aspal adalah material yang bersifat “viscous liquid” tersusun dari campuran hidrokarbon dan semua turunannya yang dapat larut dalam carbon disulfida. Pada dasarnya aspal merupakan bahan yang tidak dapat menguap (“non volatile”) dan dapat berangsur-angsur menjadi lunak meleleh bila dipanaskan. Aspal juga berupa material padat berwarna hitam atau coklat dan tidak tembus air (“waterproof”) serta bersifat kohesif (“cohesive properties”).

Aspal dalam campuran perkerasan berfungsi sebagai bahan ikat antar agregat. Sebagai salah satu bahan perkerasan lentur, aspal merupakan salah satu komponen kecil, umumnya hanya 4 - 10 % berdasarkan berat atau 10 - 15 % berdasarkan volume, tetapi merupakan komponen yang relatif mahal.

Menurut asalnya aspal dapat digolongkan menjadi dua bagian seperti berikut ini.

1. Aspal minyak (“petroleum bitumen”)

Aspal minyak diperoleh dari hasil penyulingan minyak bumi. Oleh karena derajat kekerasan aspal ini dapat di ukur dengan uji standar (“standard penetration test”), maka aspal ini juga dikenal sebagai “Penetration Grade Bitumen”.

2. Aspal alam / batuan (“rock asphalt”)

Aspal batuan ini terdapat sebagai bagian yang tercampur dengan batuan (dalam batuan) kapur atau pasir. Kadar aspal sangat bervariasi antara satu daerah dengan daerah lainnya (4 - 12 %). Pengolahannya dilakukan dengan cara penambangan batu yang mengandung aspal kemudian di pecah-pecah dengan mesin pemecah batu (“stone crusher”). Aspal dikeluarkan dari celah mineral batuan dengan bahan pelarut. Hasil yang diperoleh kurang lebih memiliki kadar aspal 7 %.

Aspal dibentuk oleh unsur berikut ini :

- a. asphaltenes, merupakan bagian utama dari aspal (“body of bitumen”) dengan berat molekul besar,
- b. maltenes / resins, merupakan unsur yang memberikan efek adhesive (lekatan) dan efek ductile (lentur) dengan berat molekul sedang, dan
- c. oils, mempunyai berat molekul rendah serta memberi efek viskositas dan efek flow.

Berdasarkan unsur pembentuknya, aspal merupakan suspensi koloidal dari asphaltenes dalam media minyak dengan resins berperan sebagai bahan pencegah penggumpalan atau pencegah koagulasi.

### **2.1.2 Agregat**

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah bulat, pasir atau mineral lainnya baik berupa agregat hasil alam maupun hasil pengolahan (penyaringan, pemecahan). Pada bahan perkerasan lentur agregat merupakan komponen utamanya yaitu mengandung 90 - 95 % agregat berdasarkan persentase berat atau 75 - 85 % agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian, daya dukung, keawetan, dan mutu perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan bahan lain.

Pemilihan jenis agregat yang sesuai untuk dipergunakan pada struktur perkerasan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu ukuran dan gradasi, kekuatan dan kekerasan, tekstur permukaan, porositas, kelekatan terhadap aspal dan kebersihannya.

### **2.1.3 Filler**

Filler pada campuran beton aspal adalah bahan berbutir halus yang berfungsi sebagai butiran pengisi rongga diantara partikel agregat kasar dalam rangka mengurangi besarnya rongga, meningkatkan kerapatan, dan stabilitas. Filler ini didefinisikan sebagai fraksi debu mineral lolos saringan no. 200 (0,075 mm) dapat berupa debu batu kapur, debu dolomit, atau semen.

## **2.2 Persyaratan Bahan Perkerasan**

Agar didapatkan lapis perkerasan yang kuat, awet, aman dan nyaman maka struktur perkerasan jalan harus mempunyai karakteristik tertentu. Karakteristik dari permukaan jalan sangat bergantung pada bahan susunnya, khususnya perilaku aspal jika telah berada dalam campurannya. Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh campuran perkerasan adalah seperti berikut ini.

1. Stabilitas
2. Fleksibilitas
3. Keawetan ( Durabilitas )
4. Kekesatan ( “Skid Resistance” )
5. Kekakuan ( “Stiffness” )

## **2.3 Kekakuan Perkerasan**

Salah satu persyaratan agar perkerasan dapat berfungsi dengan baik adalah dengan mempunyai kekakuan (“stiffness”) yang cukup. Kekakuan yang cukup akan bermanfaat dalam menyebarkan beban lalu lintas dan menurunkan tekanan yang di terima oleh lapis di bawahnya.

Kekakuan perkerasan dapat dihitung dengan dua cara, yaitu :

1. cara analitis, dan
2. cara grafis (nomogram).

Pada penelitian ini, kedua cara tersebut dipakai sebagai bahan pembandingan diantara keduanya. Pada perhitungan kekakuan perkerasan dengan cara analitis maupun grafis, terlebih dahulu dihitung kekakuan aspalnya. Perhitungan kekakuan aspal ditentukan dengan nomogram Shell (lampiran 1).

## 2.4 Parameter Kekakuan Perkerasan

### 2.4.1 Lama Pembebanan

Lama pembebanan di atas permukaan jalan ditentukan berdasarkan kecepatan dan waktu hilang pada saat terjadi arus jenuh.

#### 1. Berdasarkan Kecepatan

Jika lama pembebanan ( $t$ ), panjang bidang kontak roda kendaraan pada jalan adalah ( $L$ ) dan kecepatan kendaraan ( $V$ ), maka lama pembebanan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$t = \frac{L}{V} \text{ (detik)}$$

#### 2. Berdasarkan Waktu Hilang

Waktu hilang ("Lost Time") adalah waktu yang hilang selama periode merah dan waktu keterlambatan kendaraan dalam bergerak pada kondisi arus jenuh. Besarnya keterlambatan kendaraan dalam bergerak berubah-ubah, tergantung pada kondisi tempat dan faktor-faktor lain..

#### 2.4.2 Selisih Temperatur

Selisih temperatur merupakan selisih antara temperatur titik lembek aspal / “softening point” dengan temperatur perkerasan di lapangan (SHELL,1978).

$$T = SP - T_{\text{perk.}} \text{ (} ^\circ\text{C)}$$

dengan :

T = selisih temperatur

SP = temperatur titik lembek aspal

T<sub>perk.</sub> = temperatur perkerasan

Temperatur titik lembek aspal diperoleh dari pengujian “ring and ball test” yaitu temperatur pada saat aspal mulai lunak. Dua aspal yang mempunyai penetrasi sama belum tentu mempunyai temperatur titik lembek yang sama.

Temperatur perkerasan merupakan temperatur di lapangan, yaitu temperatur lapis permukaan perkerasan pada saat ada beban lalu lintas. Temperatur perkerasan ini sangat dipengaruhi oleh kondisi iklim pada suatu daerah, dimana terjadi perubahan yang mencolok pada pergantian musim.

#### 2.4.3 Indeks Penetrasi (PI)

Nilai indeks penetrasi menunjukkan kepekaan (kekerasan) bitumen/aspal terhadap perubahan temperatur. Nilai indeks penetrasi ditentukan dengan dua nilai penetrasi pada temperatur yang berbeda, yaitu penetrasi 800 dan penetrasi tes (penetrasi 70).

Nilai indeks penetrasi ditentukan dengan formula seperti di bawah ini (Robert N.Hunter,1994) :

$$\frac{\log \text{pen2} - \log \text{pen1}}{T2 - T1} = \frac{1}{50} \times \frac{20 - PI}{10 + PI}$$

keterangan :

pen2 : penetrasi 800

T2 : temperatur pada penetrasi 800

pen1 : penetrasi test

T1 : temperatur pada penetrasi test

#### 2.4.4 Komposisi Bahan dalam Campuran

Komposisi bahan dalam campuran perkerasan diperoleh dari pengujian laboratorium, selanjutnya didapat persentase bahan dalam campuran perkerasan (% aspal, % agregat dan % rongga). Gambar 2.1 berikut memperlihatkan komposisi bahan tersebut.



Gambar 2.1 Komposisi bahan dalam campuran

## 2.5 Menentukan Kekakuan Bitumen ( S bit )

Kekakuan bitumen ditentukan dengan membaca hasil yang didapat dari nomogram Shell dengan menghubungkan data perhitungan sebelumnya. Cara pembacaannya adalah sebagai berikut, garis yang menghubungkan titik lama pembebanan (t) dan selisih temperatur (T) akan berpotongan dengan garis indeks penetrasi (PI) selanjutnya diperoleh kekakuan bitumen (S bit).

## 2.6 Menghitung Kekakuan Perkerasan dengan Cara Analitis

Kekakuan perkerasan (campuran) dapat dihitung secara analitis dengan formula seperti tertera dibawah ini (SHEEL,1978).

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

$$n = 0,83 \text{Log} \left[ \frac{4 \times 10^{10}}{S_{bit}} \right]$$

$$Cv = \frac{\text{volume agregat}}{\text{vol. agregat} + \text{vol. bitumen}} = \frac{Vg}{Vg + Vb}$$

keterangan :

Cv = konsentrasi volume (%)

S mix = kekakuan perkerasan (N/m<sup>2</sup>) atau Pa

S bit = kekakuan bitumen (N/m<sup>2</sup>) atau Pa



Persamaan tersebut valid untuk % voids  $\leq 3$  %, bila % voids  $> 3$  % persamaan tersebut di modifikasi menjadi sebagai berikut :

$$Cv' = \frac{Cv}{1 + (Vv - 0,03)}$$

$Vv$  = % voids (dalam desimal)

Persamaan ini dapat digunakan jika memenuhi syarat sebagai berikut :

$$Cb \geq 2/3 (1 - Cv')$$

$$Cb = \frac{\text{volume bitumen}}{\text{vol. agregat} + \text{vol. bitumen}}$$

## 2.7 Menghitung Kekakuan Perkerasan dengan Cara Grafis

Perhitungan kekakuan perkerasan dengan cara grafis dilakukan dengan pembacaan pada nomogram Shell (lampiran 2).

Cara pembacaannya adalah sebagai berikut, garis yang menghubungkan kekakuan bitumen (S bit) dengan volume bitumen ( $V_b$ ) akan berpotongan dengan garis volume agregat ( $V_g$ ) selanjutnya diperoleh kekakuan campuran (S mix).

## **2.8 Panjang Efektif Lapis Pembeda**

Panjang efektif lapis pembeda adalah panjang lapis perkerasan yang nilai kekakuannya berbeda. Perbedaan tersebut akibat adanya perubahan kecepatan sehingga lama pembebanan yang terjadi pada suatu titik ruas jalan menjadi berbeda, khususnya pada daerah persimpangan berlampu lalu lintas. Data-data yang diperlukan untuk menentukan panjang efektif lapis pembeda ini yaitu :

1. panjang kapasitas antrian kendaraan yang lolos dalam satu siklus lampu lalu lintas pada jam sibuk (kondisi jenuh), dan
2. panjang yang dibutuhkan kendaraan untuk melakukan akselerasi sampai mencapai kecepatan normal dari keadaan berhenti.

## **2.9 Lampu Lalu Lintas**

Lampu lalu lintas didefinisikan sebagai semua peralatan pengatur lalu lintas yang menggunakan tenaga listrik kecuali flasher (lampu kedip), rambu, dan marka jalan. Setiap pemasangan lampu lalu lintas bertujuan untuk memenuhi satu atau lebih fungsi-fungsi yang tersebut dibawah ini (Clarkson H. Oglesby, 1990).

1. Mendapatkan gerakan lalu lintas yang teratur.
2. Meningkatkan kapasitas ruas jalan pada perempatan.
3. Mengurangi frekuensi jenis kecelakaan tertentu.
4. Mengkoordinasikan lalu lintas di bawah kondisi jarak sinyal yang cukup baik, sehingga aliran lalu lintas tetap berjalan menerus pada kecepatan tertentu.

5. Memutuskan arus lalu lintas tinggi agar memungkinkan adanya penyeberangan kendaraan lain atau pejalan kaki.
6. Mengatur penggunaan jalur lalu lintas.

### **2.10 Jalan Arteri**

Berdasarkan fungsinya, jalan arteri adalah jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.

Jalan arteri dapat digolongkan menjadi jalan arteri primer dan jalan arteri sekunder. Jalan arteri lingkaran utara Yogyakarta termasuk dalam kategori jalan arteri primer, dilihat dari persyaratan yang harus dipenuhi untuk kategori jalan arteri primer. Adapun persyaratan yang harus dipenuhi oleh jalan arteri primer itu adalah seperti berikut ini.

1. Kecepatan rencana  $> 60$  km/jam.
2. Lebar badan jalan  $> 8,0$  meter.
3. Kapasitas jalan lebih besar dari volume lalu lintas rata-rata.
4. Jalan masuk dibatasi secara efisien sehingga kecepatan rencana dan kapasitas jalan dapat tercapai.
5. Tidak boleh terganggu oleh kegiatan lokal, lalu lintas lokal, dan lalu lintas ulang alik.
6. Tidak terputus walaupun melalui kota.

7. Tingkat kenyamanan dan keamanan yang dinyatakan dengan indeks permukaan tidak kurang dari 2.

## **2.11 Perancangan Tebal Perkerasan Dengan Metoda SHELL 1978**

Penentuan tebal perkerasan pada ruas panjang efektif digunakan perancangan tebal perkerasan dengan metoda SHELL 1978. Metoda ini memperhitungkan nilai modulus kekakuan berdasarkan lama pembebanan.

### **2.11.1 Tanah Dasar**

Kekuatan dan keawetan struktur tergantung pada sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar. Dalam metoda ini kekuatan dari tanah dasar dinyatakan dengan nilai modulus dinamik ( $E_3$ ). Penentuan nilai modulus dinamik ini dimudahkan dengan memakai grafik korelasi (lampiran 3). Berdasarkan atas percobaan yang dilakukan ternyata nilai modulus dinamik  $E_3$  ( $N/m^2$ ) adalah setara dengan  $10^7$  CBR. Tetapi untuk tanah plastis dengan nilai CBR yang rendah, nilai  $E_3$  setara dengan nilai  $2 \times 10^7$  CBR.

### **2.11.2 Lalu Lintas**

Besaran yang digunakan dalam perancangan tebal perkerasan berkaitan dengan data lalu lintas, dipengaruhi oleh jenis kendaraan, volume lalu lintas dan pola operasi. Peranan jenis kendaraan pada besarnya beban gandar yang akan didukung oleh struktur perkerasan. Data volume lalu lintas digunakan dalam perhitungan jumlah beban yang

akan terjadi selama umur rencana. Pola operasi kendaraan adalah mengenai kecepatan kendaraan, yang berpengaruh terhadap waktu pembebanan. Analisis lalu lintas untuk penentuan tebal struktur perkerasan, di dasarkan atas data lalu lintas pada lajur rencana atau "design lane".

#### 1. Jenis dan Volume Lalu Lintas

Menurut metoda SHELL 1978 ini, faktor lalu lintas dinyatakan sebagai "cumulative equivalent number of standard axle perlane (N)". Beban gandar yang dipakai adalah sebesar 80 kN, dimana setiap gandar standar dianggap terdiri dari dua roda ganda 20 kN. Masing-masing roda tersebut memberikan tekanan sebesar  $6 \times 10^6$  N/m<sup>2</sup> terhadap permukaan struktur perkerasan.

Beban lalu lintas dihitung berdasarkan atas jumlah gandar yang lewat pada lajur rencana. Beban gandar dari kendaraan tersebut dikorelasikan terhadap beban gandar standar 80 kN dengan menggunakan angka konversi ("Conversion Factor, Ne") yang besarnya dapat dihitung dengan persamaan :

$$Ne = 2,4 \times 10^{-8} \times L^4$$

Nilai L adalah besarnya beban gandar yang lewat dalam satuan kN. Faktor konversi (Ne) ini dapat juga dicari dengan bantuan grafik seperti terlihat pada lampiran 4.

#### 2. Kecepatan Kendaraan

Kecepatan kendaraan yang digunakan sebagai data dalam perancangan ini adalah kecepatan kendaraan pada lajur rencana yaitu sepanjang panjang efektif yang di

tinjau. Pengaruh kecepatan kendaraan adalah terhadap lama pembebanan yang akhirnya akan menentukan kekakuan bahan ikat (aspal).

### **2.11.3 Material Berbutir**

Menurut metoda SHEEL (1978) ini, pada umumnya bagi setiap struktur perkerasan lentur, lapis “unbound layer” terdiri atas dua atau tiga lapis dengan masing-masing memiliki syarat kepadatan tertentu. Ukuran dari kekuatan lapisan yang tak terikat bahan bitumen ini dinyatakan dalam nilai modulus dinamikinya ( $E_2$ ). Grafik korelasi antara nilai modulus dinamik dengan nilai dari pengukuran kepadatan untuk menentukan kekuatan unbound layer seperti terlihat pada lampiran 3. Hal ini dikarenakan untuk mengukur nilai modulus dinamik secara langsung dilapangan cukup sulit dilakukan.

### **2.11.4 Lapis Permukaan Beraspal**

Besaran rencana yang menyangkut permukaan beraspal diperoleh dari dua sifat penting yang sangat berpengaruh terhadap kualitas campuran tersebut. Kedua sifat itu adalah karakteristik kekakuan campuran lapis aspal (“Mix Stiffness Characteristic”) dan karakteristik kelelahan campuran (“Fatigue Characteristic”).

Selain dari kedua hal tersebut diatas, untuk bisa menggunakan grafik-grafik penentuan tebal perkerasan dalam metoda SHELL 1978 ini masih diperlukan sebuah data lagi, yaitu penetrasi aspal.

## 1. Mix Stiffness Characteristic

Kekakuan campuran dari permukaan beraspal hanya bergantung pada kekakuan bahan ikat dan volume penyusunnya yang meliputi aspal, agregat dan rongga udara. Sedangkan untuk nilai kekakuan yang rendah, pada temperatur yang tinggi atau pada waktu pembebanan yang panjang, selain bergantung pada kekakuan bahan ikat dan perbandingan volume bahan penyusunnya, kekakuan campuran tersebut juga bergantung pada gradasi agregat.

Untuk memudahkan dalam menentukan mix code suatu campuran, disajikan pedoman sifat-sifat dari kelompok S1 dan S2, yaitu :

- a. Kelompok S1 : campuran dengan perbandingan volume yang seimbang antara agregat, bitumen dan rongga udara.
- b. Kelompok S2 : campuran "open graded" dengan volume bitumen yang sedikit, tetapi terdapat rongga udara yang relatif banyak.

Selain itu karakteristik campuran (S1 dan S2) juga dapat ditentukan dengan grafik M1 dan M2 sebagaimana terlihat pada lampiran 5 dan 6. Grafik M1 merupakan hubungan antara kekakuan campuran ( $S_{mix}$ ) dan kekakuan bahan ikat aspal ( $S_{bit}$ ), sedangkan grafik M2 menunjukkan kekakuan campuran ( $S_{mix}$ ) dan temperatur pada waktu pembebanan 0,02 detik.

## 2. Mix Fatigue Characteristic

Sebagaimana telah diuraikan didepan, bahwa karakteristik kelelahan campuran dibedakan menjadi dua kelompok F1 dan F2. Grafik karakteristik kelelahan ini dapat dilihat pada lampiran 7, yaitu grafik M3 dan M4.

Pada perancangan tebal perkerasan, metoda ini telah menyediakan suatu patokan sebagai gambaran dasar untuk mempermudah dalam penentuan karakteristik kelelahan suatu campuran aspal, yaitu :

F1 : campuran dengan jumlah kandungan rongga udara antara 2% - 7%.

F2 : campuran dengan jumlah kandungan rongga udara relatif banyak, yaitu lebih besar dari 7%.

## 3. Penetrasi Bahan Ikat Aspal

Salah satu ukuran kekentalan bahan ikat aspal adalah penetrasinya. Penentuan penetrasi aspal biasanya dilakukan di laboratorium pada suhu 25°C. Pada metode SHEEL 1978 ini bahan ikat aspal dikelompokkan menjadi dua yaitu kelompok 50 pen dan kelompok 100 pen.

a. Kelompok 50 pen : dianggap sebagai kelompok yang mewakili aspal dengan penetrasi 40/50, 40/60, 45/60.

b. Kelompok 100 pen : dianggap sebagai kelompok yang mewakili aspal dengan penetrasi 80/100, 85/100, 80/120.

Berdasarkan kekakuan campuran, kelelahan serta penetrasi aspal dibuat suatu "Mix Code" yang menyatakan kualitas dari lapis aspal. Pada mix code ini kekakuan



campuran lapis aspal dinyatakan sebagai S1 dan S2, karakteristik kelelahan campuran dinyatakan sebagai F1 dan F2, sedangkan penetrasi aspal dibagi dalam dua kelompok yaitu 50 pen dan 100 pen. Terdapat delapan kemungkinan untuk mix code lapis aspal, yaitu :

1. S1 - F1 - 50
2. S1 - F1 - 100
3. S2 - F1 - 50
4. S2 - F1 - 100
5. S1 - F2 - 50
6. S1 - F2 - 100
7. S2 - F2 - 50
8. S2 - F2 - 100

#### **2.11.5 Faktor Regional**

Faktor regional adalah faktor yang berasal dari luar struktur perkerasan, selain beban lalu lintas. Faktor regional ini biasanya berupa kondisi alami ditempat struktur perkerasan berada dan tidak jarang menimbulkan gangguan cukup besar serta mengakibatkan kerusakan yang parah pada struktur tersebut.

Pada perancangan perkerasan lentur metoda SHELL ini, faktor regional yang dianggap penting dan dipakai sebagai besaran rencana adalah temperatur udara, karena suhu udara akan berpengaruh pada lapis permukaan beraspal. Temperatur udara

sebagai faktor regional dinyatakan sebagai “Weighted Mean Annual Air Temperature (w-MAAT)”. Beban suhu (w-MAAT) merupakan suatu suhu yang diperkirakan dapat mewakili pengaruh suhu pada perkerasan.

Besarnya suhu dihitung dengan menggunakan data suhu rata-rata bulanan, “Monthly Mean Air Temperature (MMAT)”. Nilai w-MAAT bukan merupakan nilai rata-rata dari MMAT melainkan merupakan nilai yang diperoleh dengan menggunakan “Weighting Factor” seperti terlihat pada lampiran 8.

