

## **BAB 3**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Perkerasan Jalan**

Perkerasan jalan adalah bagian jalan raya yang diperkeras dengan agregat dan aspal atau semen sebagai bahan ikatnya sehingga lapis konstruksi tertentu memiliki ketebalan, kekuatan, kekakuan serta kestabilan agar mampu menyalurkan beban lalu lintas di atasnya ke tanah dasar secara aman. Fungsi utama dari perkerasan sendiri adalah untuk menyebarkan atau mendistribusikan beban roda ke area permukaan tanah dasar (*sub-grade*) yang lebih luas dibandingkan luas kontak roda dengan perkerasan sehingga mereduksi tegangan maksimum yang terjadi pada tanah dasar. Perkerasan harus memiliki kekuatan dalam menopang beban lalu lintas, dan permukaan pada perkerasan harus rata serta memiliki kekesatan atau tahan gelincir (*skid resistance*). Perkerasan dibuat dari berbagai pertimbangan, seperti persyaratan struktur, ekonomis, keawetan, kemudahan dan pengalaman (Christady, 2011)

#### **3.2 Jenis Konstruksi Perkerasan Jalan**

Menurut (Sukirman, 1999), konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan berdasarkan bahan pengikatnya, antara lain:

a. Konstruksi Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Lapisan-lapisan perkerasan lentur bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.

b. Konstruksi Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

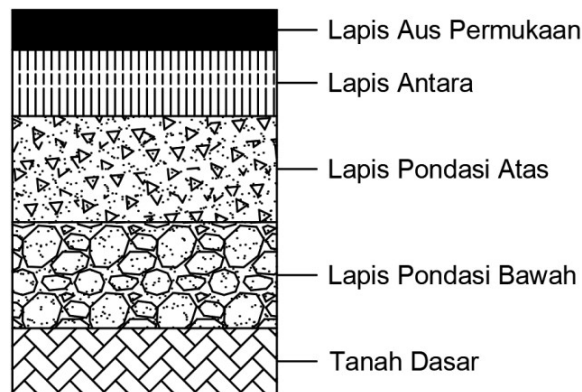
Perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan pengikatnya. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagai besar dipikul oleh pelat beton.

c. Konstruksi Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur di atas perkerasan kaku atau perkerasan kaku di atas perkerasan lentur.

### 3.3 Lapisan Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Struktur perkerasan jalan terdiri dari beberapa lapis material yang diletakkan pada tanah dasar. Komponen material tersebut akan memberikan sokongan penting dari kapasitas struktur perkerasan (Christady, 2011). Untuk mendapatkan kekuatan struktur perkerasan yang optimal dan ekonomis, maka struktur perkerasan dibuat berlapis-lapis berdasarkan besar beban yang diterima dari roda kendaraan sampai ke tanah dasar. Setiap lapis pada perkerasan mempunyai fungsi yang berbeda-beda. Setiap lapisan juga harus bisa mendistribusikan beban sampai ke bawah, jika salah satu lapisan tidak bisa mendistribusikan beban dengan baik, maka akan merusak lapisan yang lain. Lapisan paling atas terdiri atas dua lapisan, yaitu *wearing course* dan *binder course*, lalu lapisan pondasi atas (*base course*), lapisan pondasi bawah (*sub-base*), kemudian tanah dasar (*sub-grade*).



**Gambar 3.1** Gambar Struktur Lapisan Perkerasan

Sumber: Perancangan Perkerasan Jalan, 2021

Menurut (Sukirman, 1999), lapis permukaan adalah bagian perkerasan yang terletak paling atas yang mempunyai fungsi sebagai berikut:

- a. Lapisan perkerasan penahan beban roda, lapisan ini mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan.
- b. Sebagai lapisan kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan bawahnya dan melemahkan lapisan-lapisan tersebut.
- c. Sebagai lapisan aus (*wearing course*), lapisan yang langsung menderita gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus.
- d. Lapis yang menyebarkan beban ke lapis bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain yang mempunyai daya dukung yang lebih jelek.

Lapis permukaan itu sendiri dibagi menjadi beberapa lapisan, yaitu

a. Lapis Aus (*Wearing Course*)

Lapis aus (*wearing course*) merupakan bagian dari lapis permukaan yang terletak di atas lapis antara (*binder course*). Fungsi dari lapis aus adalah sebagai berikut:

- 1) Mengamankan perkerasan dari pengaruh air.
- 2) Menyediakan permukaan yang halus.
- 3) Menyediakan permukaan yang kesat.

b. Lapis Antara (*Binder Course*)

Lapis antara (*binder course*) merupakan bagian dari lapis permukaan yang terletak di antara lapis pondasi atas (*base course*) dengan lapis aus (*wearing course*). Fungsi dari lapis antara adalah sebagai berikut:

- 1) Mengurangi tegangan.
- 2) Menahan beban paling tinggi akibat beban lalu lintas sehingga harus mempunyai kekuatan yang cukup.

c. Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapis pondasi atas adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan. Mempunyai fungsi sebagai berikut:

- 1) Sebagai lapis pendukung bagi lapis permukaan.
- 2) Bagian perkerasan yang menahan gaya dari beban roda dan menyebarkan ke lapisan bawahnya.
- 3) Sebagai lapisan peresapan untuk pondasi bawah.

4) Memberikan bantalan terhadap lapisan permukaan (pemikul beban horizontal dan vertikal).

d. Lapis Pondasi bawah (*Subbase Course*)

Lapis pondasi bawah adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis pondasi atas dan tanah dasar. Mempunyai fungsi sebagai berikut:

- 1) Bagian dari konstruksi perkerasan menyebarkan beban roda ke tanah dasar.
- 2) Mengurangi tebal lapisan di atasnya yang lebih mahal.
- 3) Efisiensi penggunaan material. Material pondasi bawah lebih relatif murah dibandingkan yang berada di atasnya.
- 4) Lapisan untuk mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar ke lapis atas.
- 5) Sebagai lapisan peresapan agar air tanah tidak mengumpul di pondasi maupun di tanah dasar.
- 6) Sebagai lapisan pertama agar pelaksanaan pekerjaan dapat berjalan lancar.

e. Tanah Dasar (*Subgrade*)

Tanah dasar (*subgrade*) adalah permukaan tanah semula atau tanah asli, permukaan tanah galian atau permukaan tanah timbunan yang dipadatkan dan merupakan permukaan tanah dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya. Pematatan yang baik diperoleh jika dilakukan pada kadar air optimum dan diusahakan kadar air tersebut konstan selama umur rencana. Hal ini dapat dicapai dengan perlengkapan dan sistem drainase yang memenuhi syarat (Sukirman, 1999). Beban kendaraan yang dilimpahkan ke lapisan perkerasan melalui roda-roda kendaraan selanjutnya disebarkan ke lapisan-lapisan di bawahnya dan terakhir diterima oleh tanah dasar. Kekuatan dan keawetan maupun tebal dari lapisan konstruksi perkerasan jalan sangat bergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar ini.

### **3.4 Jenis Campuran Beraspal**

#### **3.4.1 *Stone Matrix Asphalt (SMA)***

Menurut (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018), *Stone Matrix Asphalt (SMA)* terdiri dari tiga jenis, yaitu SMA tipis, SMA halus dan SMA kasar. Ukuran partikel maksimum agregat untuk masing-masing campuran adalah 12,5 mm, 19 mm, 25 mm. Setiap campuran SMA yang menggunakan bahan aspal modifikasi disebut sebagai SMA tipis modifikasi, SMA halus modifikasi dan SMA kasar modifikasi.

#### **3.4.2 Lapis Tipis Aspal Beton (*Hot Roller Sheet, HRS*)**

Menurut (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018), Lapis Tipis Aspal Beton (*Lataston*) terdiri dari dua jenis campuran, yaitu HRS Pondasi (*HRS-Base*) dan HRS Lapis Aus (*HRS-WC*) dan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm. *HRS-Base* mempunyai proporsi fraksi agregat kasar lebih besar dari pada *HRS-WC*.

#### **3.4.3 Lapis Aspal Beton (*Asphalt Concrete, AC*)**

Menurut (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018), Lapis Aspal Beton (*Laston*) terdiri dari tiga jenis, yaitu AC Lapis Aus (*AC-WC*), AC Lapis Antara (*AC-BC*) dan AC Lapis Pondasi (*AC-Base*) dengan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm, 25,4 mm, 37,5 mm. Setiap jenis campuran AC yang menggunakan bahan aspal modifikasi disebut sebagai *AC-WC* modifikasi, *AC-BC* modifikasi dan *AC-Base* modifikasi.

### **3.5 Karakteristik Perkerasan Lentur**

Karakteristik perkerasan merupakan sifat khusus perkerasan yang dapat menentukan baik buruknya kualitas dari perkerasan. Karakteristik perkerasan yang baik adalah perkerasan yang dapat memberikan pelayanan terhadap lalu lintas yang direncanakan, baik berupa kekuatannya, keawetan dan kenyamanannya. Karakteristik tidak terlepas dari kualitas bahan penyusunnya, terutama pada proses pembuatan. Karakteristik yang harus dimiliki oleh perkerasan lentur adalah sebagai berikut (Sukirman, 1999):

- a. Stabilitas
- b. Durabilitas
- c. Kelenturan (*flexibility*)
- d. Tahanan geser (*skin resistance*)
- e. Kedap air
- f. Kemudahan dalam pekerjaan (*workability*)
- g. Ketahanan leleh (*fatigue resistance*)

### 3.5.1 Stabilitas

Menurut (Nur et al., 2021), stabilitas adalah kemampuan lapisan perkerasan jalan dalam menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap atau kerusakan permanen, seperti bergelombang, alur, *bleeding*, retak, pecah dan bolong. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan jumlah lalu lintas dan beban kendaraan yang akan memakai jalan tersebut, artinya jalan dengan tingkat pelayanan volume lalu lintas tinggi dan kendaraan berat. Pada kondisi tersebut maka dibutuhkan struktur perkerasan jalan dengan stabilitas tinggi dibandingkan dengan jalan yang hanya melayani kendaraan biasa. Stabilitas terjadi dari hasil geseran antara butir, penguncian antar partikel dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal. Dengan demikian stabilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan mengusahakan penggunaan:

- a. Agregat dengan gradasi yang rapat (*dense graded*).
- b. Agregat dengan permukaan yang kasar.
- c. Agregat berbentuk kubus.
- d. Aspal dengan penetrasi rendah.
- e. Aspal dengan jumlah yang mencukupi untuk ikatan antar butir.

### 3.5.2 Durabilitas

Menurut (Nur et al., 2021), durabilitas adalah kemampuan aspal mempertahankan sifat asalnya akibat pengaruh cuaca selama masa pelayanan jalan. Sifat ini merupakan sifat dari campuran aspal, jadi tergantung dari sifat agregat, campuran dengan aspal, faktor pelaksanaan dan lain sebagainya. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi durabilitas adalah:

- a. *Film* aspal yang tebal dapat menghasilkan lapis aspal beton yang berdurabilitas tinggi, tetapi kemungkinan potensi terjadinya *bleeding* menjadi besar.
- b. VIM (*Voids in Mix*) kecil sehingga lapisan menjadi kedap air dan udara tidak masuk ke dalam campuran.
- c. VMA (*Void in Mineral Agregate*) besar sehingga *film* aspal dapat dibuat tebal. Untuk mencapai VMA yang besar ini dipergunakan agregat bergradasi senjang.
- d. Jika VMA dan VIM kecil serta kadar aspal tinggi maka kemungkinan terjadinya *bleeding* cukup besar.

### 3.5.3 Kelenturan (*Flexibility*)

Menurut (Nur et al., 2021), kelenturan (*flexibility*) adalah kemampuan bahan lapisan perkerasan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume. Untuk mendapatkan fleksibilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan beberapa cara seperti berikut:

- a. Penggunaan agregat bergradasi senjang sehingga diperoleh VMA yang besar.
- b. Penggunaan aspal lunak (aspal dengan penetrasi yang tinggi).
- c. Penggunaan aspal yang cukup banyak sehingga diperoleh VIM yang kecil.

### 3.5.4 Tahanan Geser (*Skin Resistance*)

Menurut (Nur et al., 2021), tahanan geser adalah kemampuan perkerasan aspal memberikan permukaan yang cukup kesat sehingga kendaraan yang melaluinya tidak mengalami slip atau pergeseran ban saat melaju, baik diwaktu jalan basah maupun kering. Tahanan geser dinyatakan dengan koefisien gesek antara permukaan jalan dengan roda kendaraan. Tingginya nilai tahanan gesek ini dipengaruhi oleh beberapa hal seperti berikut:

- a. Penggunaan agregat dengan permukaan kasar.
- b. Penggunaan kadar aspal yang tepat sehingga tidak terjadi *bleeding* dan adanya rongga udara yang cukup dalam campuran, sehingga bila terjadi panas aspal tidak terdesak keluar ke permukaan jalan.

- c. Penggunaan agregat dengan bentuk kubus.
- d. Penggunaan komposisi agregat yang cukup.

### **3.5.5 Kedap Air**

Menurut (Nur et al., 2021), kedap air adalah kemampuan bahan perkerasan untuk tidak dapat dengan mudah dilalui oleh air atau udara. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan (oksidasi) campuran beton aspal dan pengelupasan selimut aspal (*film*) dari permukaan agregat. Adapun cara mengusahakan agar bahan perkerasan kedap air sebagai berikut:

- a. Memperkecil VIM dan memperbesar kadar aspal.
- b. Menggunakan gradasi agregat yang rapat (*dense graded*).

### **3.5.6 Kemudahan Dalam Pekerjaan (*Workability*)**

Menurut (Nur et al., 2021), kemudahan pelaksanaan adalah sifat mudahnya bahan lapis perkerasan untuk dihampar dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang diharapkan. *Workability* ini dapat dipengaruhi oleh:

- a. Gradasi agregat, agregat bergradasi baik lebih mudah dilaksanakan daripada agregat bergradasi lain.
- b. Temperatur campuran dapat memengaruhi kekerasan bahan pengikat yang bersifat *termoplastic*.
- c. Kandungan bahan pengisi (*filler*) yang tinggi menyebabkan pelaksanaan lebih sulit.

### **3.5.7 Ketahanan Leleh (*Fatigue Resistance*)**

Menurut (Nur et al., 2021), ketahanan kelelahan adalah ketahanan dari lapis aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan yang berupa alur (*rutting*) dan retak. Faktor yang mempengaruhi ketahanan terhadap kelelahan yaitu:

- a. VIM yang tinggi dan kadar aspal yang rendah akan mengakibatkan kelelahan yang lebih cepat.
- b. VMA dan kadar aspal yang tinggi dapat mengakibatkan lapis perkerasan menjadi fleksibel.



### **3.6 Bahan Penyusun Perkerasan Jalan**

#### **3.6.1 Aspal**

Aspal adalah zat perekat material yang berwarna hitam atau gelap, berbentuk padat atau semi padat. Aspal biasa digunakan sebagai bahan pembentuk perkerasan jalan karena bersifat termoplastis yaitu mencair jika dipanaskan dan kembali mengeras jika temperatur turun. Sifat ini digunakan dalam proses konstruksi perkerasan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10% berdasarkan berat campuran, atau 10-15% berdasarkan volume campuran (Sukirman, 2003).

#### **3.6.2 Agregat**

Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75-85% agregat berdasarkan persentase volume. Agregat merupakan salah satu faktor penentu kemampuan perkerasan jalan memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca, dimana yang menentukan kualitasnya yaitu gradasi, kebersihan, kekerasan, ketahanan, kemampuan untuk menyerap air, berat jenis dan daya ikat aspal dengan agregat (Sukirman, 2003).

#### **3.6.3 Bahan Pengisi (*Filler*)**

Bahan pengisi adalah abu mineral yang lewat saringan ayakan No. 200. Jenis bahan *filler* secara umum yang sering digunakan terdiri dari debu batu kapur, debu dolomit, semen *portland*, abu layang atau *fly ash*, atau bahan mineral tidak plastis lainnya. Berdasarkan (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018), bahan pengisi (*filler*) untuk beton aspal, mempunyai ketentuan bahwa bahan pengisi yang ditambahkan harus bebas dari bahan yang tidak dikehendaki dan tidak menggumpal.

### **3.7 Perencanaan Campuran Lapisan Aspal**

Kadar aspal awal atau kadar aspal rencana ini merupakan kadar aspal tengah/ideal. Kadar aspal tengah dapat ditentukan dengan menggunakan rumus atau persamaan dari spesifikasi depkimpraswil (2004), yaitu dikenal dengan kadar aspal rencana.

$$P_b = 0,035\% CA + 0,045\% FA + 0,18\% Filler + K$$

Keterangan:

P<sub>b</sub> = Kadar aspal tengah, persen terhadap berat campuran

%CA = Persen agregat tertahan saringan No. 8

%FA = Agregat halus lolos saringan No. 8 dan tertahan saringan No. 200

%*Filler* = Persen agregat minimal 75% lolos saringan No. 200

K = Konstanta 0,5-1 untuk laston

### 3.8 *Marshall Test*

Pengujian *Marshall* adalah suatu metode pengujian untuk mengukur stabilitas dan kelelahan plastis campuran beraspal. *Marshall* merupakan metode yang paling umum digunakan dan sudah distandarisasi. Dalam metode tersebut terdapat tiga parameter penting dalam pengujian tersebut, yaitu beban maksimum yang dapat dipikul benda uji sebelum hancur atau sering disebut dengan *Marshall Stability* dan deformasi permanen dari benda uji sebelum hancur yang disebut dengan *Marshall Flow* serta turunan yang merupakan perbandingan antara keduanya (*Marshall Stability* dengan *Marshall Flow*) yang disebut dengan *Marshall Quotient* (MQ).

Untuk mengetahui karakteristik campuran aspal beton dapat diketahui dari sifat-sifat *Marshall* yang ditunjukkan dengan parameter dibawah ini:

a. VMA (*Void in Mineral Aggregate*)

*Void in Mineral Aggregate* atau rongga pada campuran agregat adalah rongga antar butiran agregat yang terdiri dari rongga udara serta aspal efektif yang dinyatakan dalam persentase volume total campuran.

b. VIM (*Void in Mix*)

*Void in Mix* atau disebut juga rongga dalam campuran digunakan untuk mengetahui besarnya rongga campuran, sehingga rongga tidak terlalu kecil yang akan menimbulkan *bleeding* atau terlalu besar yang dapat menimbulkan oksidasi/ penuaan aspal dengan masuknya udara dan sinar ultra violet.

c. VFA (*Void Filled with Asphalt*)

*Void Filled with Asphalt* adalah volume pori di antara partikel-partikel agregat yang terisi aspal dalam campuran padat, yang dinyatakan dalam persen terhadap volume total campuran.

d. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas adalah kemampuan campuran aspal untuk menahan deformasi akibat beban yang bekerja tanpa mengalami deformasi permanen yang dinyatakan dalam satuan kg atau lb.

e. Pelelehan (*Flow*)

*Flow* diperlukan untuk mengetahui deformasi vertikal campuran saat dibebani hingga hancur (pada stabilitas maksimum), *flow* akan meningkat seiring dengan meningkatnya kadar aspal.

f. MQ (*Marshall Quotient*)

*Marshall Quotient* merupakan hasil bagi stabilitas dan *flow* yang digunakan sebagai indikator kelenturan dimana hal tersebut potensial terhadap keretakan yang dinyatakan dalam kg/mm.

### 3.9 Limbah Batu Marmer

Batu marmer atau batu pualam merupakan batuan hasil proses metamorfosa atau malihan dari batu gamping. Marmer banyak digunakan untuk bangunan, seperti ubin, dinding, dekorasi hingga perabotan rumah tangga (Zulkifli et al., 2010).

Batu marmer diangkut dari lokasi penambangan ke lokasi pengolahan setelah dilakukan pemotongan terlebih dahulu, pemotongan batu marmer menggunakan alat (*wire sawing*), hasil dari pemotongan berupa bongkahan batuan. Batu marmer yang masih berupa bongkahan kemudian dipotong dengan mesin (*block cutting*) sesuai ukuran yang diinginkan. Selanjutnya batu marmer masuk ke proses pengolahan berupa pemolesan, pengeringan dan pemotongan akhir.

Dari proses pengolahan tersebut menghasilkan banyak limbah serbuk marmer, limbah serbuk marmer merupakan limbah yang dihasilkan saat proses pemotongan marmer menggunakan mesin gergaji khusus dengan menggunakan air sebagai pendingin alat pemotong tersebut.



**Gambar 3.2** Limbah Serbuk Marmer

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2023

Limbah serbuk marmer berbentuk serbuk kecil berwarna putih, apabila serbuk ini dicampur dengan air maka akan mengeras sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengikat.

**Tabel 3.1** Kandungan Serbuk Marmer

<b>Nama Senyawa</b>	<b>Nilai Kadar</b>
<i>Kalsium Oksida (CaO)</i>	52,69%
<i>Kalsium Karbonat (CaCO<sub>3</sub>)</i>	41,92%
<i>Magnesium Oksida (MgO)</i>	0,84%
<i>Magnesium Karbonat (MgCO<sub>3</sub>)</i>	1,76%
<i>Silika (SiO<sub>2</sub>)</i>	1,62%
<i>Aluminium Oksida (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)</i>	0,37%

Sumber: Utomo et al., 2021