

BAB 3

LANDASAN TEORI

3.1 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah campuran antara agregat dan bahan ikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Agregat yang digunakan antara lain : batu pecah, batu belah, batu kali dan hasil samping peleburan baja. Bahan ikat yang digunakan antara lain : aspal, semen, tanah liat (Tanriajeng, 2002).

Perkerasan jalan adalah bagian dari jalur lalu lintas, yang bila kita perhatikan secara struktural pada penampang melintang jalan, merupakan penampang struktur dalam kedudukan yang paling sentral dalam suatu badan jalan (Saodang, 2005).

Dari dua pendapat di atas, saya menyimpulkan perkerasan jalan adalah campuran antara agregat dan bahan ikat tertentu untuk melayani beban lalu lintas yang merupakan penampang struktur pada badan jalan.

3.2 Jenis Konstruksi Perkerasan

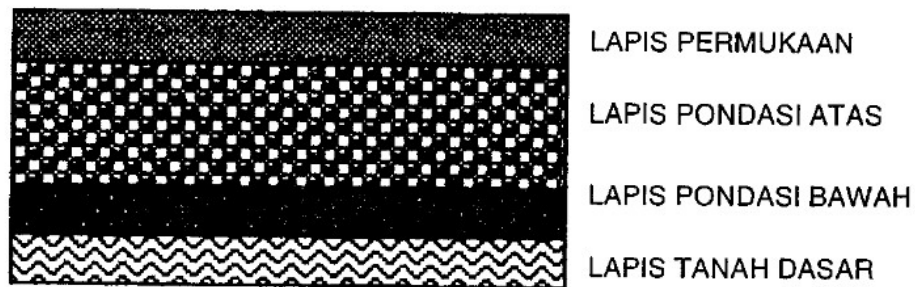
Jenis konstruksi perkerasan terbagi menjadi 3 jenis, antara lain :

1. Perkerasan Lentur (*flexible pavement*);
2. Perkerasan Kaku (*rigid pavement*);
3. Perkerasan Komposit (*composite pavement*).

3.2.1 Perkerasan Lentur (*flexible pavement*)

Perkerasan lentur adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut adalah :

1. Lapisan permukaan (*surface coarse*)
2. Lapisan pondasi atas (*base coarse*)
3. Lapisan pondasi bawah (*sub-base coarse*)
4. Lapisan tanah dasar (*subgrade*)

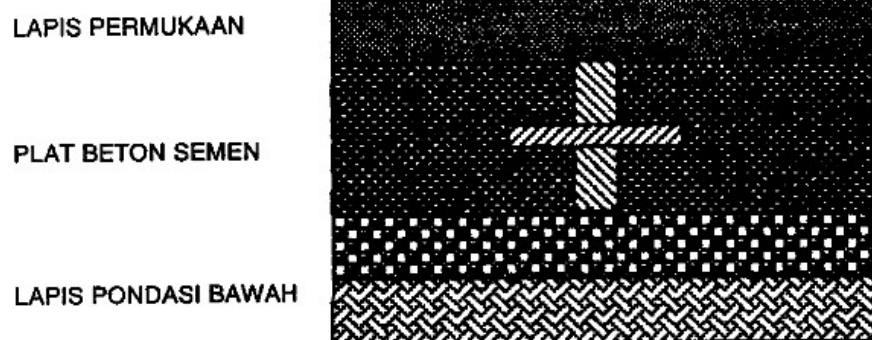


Gambar 3.1 Lapisan Pada Perkerasan Lentur (*flexible pavement*)

(Sumber : Rekayasa Jalan Raya-2 Tenriajeng, 2014)

3.2.2 Perkerasan Kaku (*rigid pavement*)

Perkerasan yang menggunakan bahan ikat semen Portland, perlat beton dengan atau tanpa tulangan diletakan di atas tanah dasar dengan atau tanpa pondasi bawah. Beban lalu lintas Sebagian besar dipikul oleh pelat beton.



Gambar 3.2 Lapisan Pada Perkerasan Kaku (*rigid pavement*)

(Sumber : Rekayasa Jalan Raya-2 Tenriajeng, 2014)

Ada 2 jenis perkerasan kaku antara lain

1. Perkerasan beton semen.

Yaitu perkerasan kaku dengan beton semen sebagai lapis aus. Terdapat empat jenis perkerasan beton semen antara lain :

- a. Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan
- b. Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan
- c. Perkerasan beton semen bersambung menerus dengan tulangan
- d. Perkerasan beton semen pratekan.

2. Perkerasan komposit

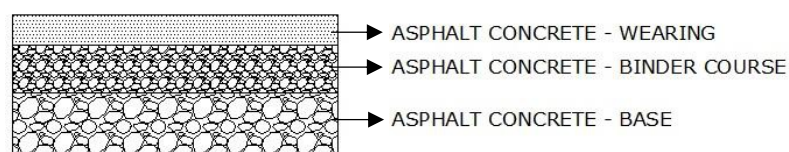
Yaitu perkerasan kaku dengan pelat beton sebagai lapis pondasi dan aspal beton sebagai lapisan permukaan. Perkerasan kaku ini sering digunakan sebagai *runway* di lapangan terbang. (Tenriajeng, 2014)

3.3 Lapis Aspal Beton (Laston)

Laston (Lapis Aspal Beton) atau biasa disebut AC (*Asphaltic Concrete*) merupakan lapisan yang terdiri dari campuran aspal dan agregat yang dicampur secara panas (*hot-mix*), dihamparkan dan dipadatkan membentuk perkerasan yang kedap air. Digunakan untuk lalu lintas berat (Saodang, 2005).

Laston (Lapis Aspal Beton) merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang mempunyai gradasi menerus, dicampur, dihampar dan dipadatkan pada suhu tertentu. Lapis ini digunakan sebagai lapis permukaan struktural dan lapis pondasi (Tenriajeng, 2002).

Dari kedua pendapat itu dapat disimpulkan bahwa laston adalah lapisan yang terdiri dari agregat yang mempunyai gradasi menerus dan aspal sebagai pengikat dari campuran, yang dicampur secara panas (*hot mix*), dicampur, dihamparkan, dipadatkan dengan suhu tertentu membentuk perkerasan yang kedap air. Lapis ini biasanya digunakan sebagai lapis permukaan struktural dan lapis pondasi.



Gambar 3.3 Lapisan AC

(Sumber : <https://dwikusumadpu.wordpress.com/2014/02/09/mengenal-konstruksi-lapisan-aspal/>)

Pada penelitian ini, peneliti menggunakan lapisan AC-WC atau *Asphalt Concrete – Wearing Coarse*. Bagian ini adalah bagian permukaan yang ditunjukkan pada gambar diatas.

3.4 Karakteristik Beton Aspal

Ada tujuh karakteristik yang harus dimiliki oleh campuran beton aspal. Diantaranya stabilitas, keawetan, kelenturan, ketahanan terhadap kelelahan, kekesatan permukaan, kedap air dan mudah dilaksanakan.

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk seperti gelombang, alur dan *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan dan beban lalu lintas yang akan dilayani (Sukirman S. , 2016).

Keawetan atau durabilitas adalah kemampuan beton aspal menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan, gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim seperti udara, air atau perubahan temperature. Durabilitas dipengaruhi oleh tebalnya film aspal, banyaknya rongga dalam campuran, kepadatan dan kedap airnya campuran (Sukirman S. , 2016).

Kelenturan atau fleksibilitas adalah kemampuan beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan fondasi atau tanah dasar tanpa terjadi retak. Penurunan terjadi akibat repetisi beban lalu lintas ataupun akibat berat sendiri tanah timbunan yang dibuat di atas tanah asli (Sukirman S. , 2016).

Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*) adalah kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang akibat repetisi beban lalu lintas tanpa terjadinya kelelahan berupa alur atau retak. Hal ini bisa dicapai dengan menggunakan kadar aspal yang tinggi (Sukirman S. , 2016).

Kekesatan atau ketahanan geser (*skid resistance*) adalah kemampuan permukaan beton aspal memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir ataupun slip terutama pada kondisi basah. Faktor-faktor untuk mendapatkan kekesatan jalan sama dengan untuk mendapatkan stabilitas tinggi, yaitu kekasaran permukaan butir agregat, luas bidang kontak antar butir, bentuk butir, gradasi agregat, kepadatan campuran dan tebal film aspal (Sukirman S. , 2016).

Kedap air (impermeabilitas) adalah kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara ke dalam lapisan beton aspal. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal dan pengelupasan film atau selimut aspal dari permukaan agregat. Jumlah rongga yang tersisa setelah beton aspal dipadatkan dapat menjadi indicator kekedapan campuran. Tingkat impermeabilitas beton aspal berbanding terbalik dengan tingkat durabilitasnya (Sukirman S. , 2016).

Mudah dilaksanakan (*workability*) adalah kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Tingkat kemudahan dalam pelaksanaan, menentukan tingkat efisiensi perkerjaan. Faktor yang dapat mempengaruhi tingkat kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah viskositas aspal, kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur, gradasi serta kondisi agregat (Sukirman S. , 2016).

3.5 Bahan Pembentuk Perkerasan Jalan (Laston)

Seperti yang sudah dijelaskan pada sub bab 3.1 bahwa perkerasan tersusun oleh agregat dan bahan pengikat. Pada lapis aspal beton, bahan pengikat yang digunakan adalah aspal, maka material penyusun perkerasan jalan lapis aspal beton adalah agregat dan aspal.

3.4.1 Agregat

Berdasarkan sumbernya, agregat diklasifikasikan menjadi agregat alam dan agregat buatan. Agregat alam adalah agregat yang diperoleh secara alamiah di alam, dengan sedikit pengolahan, seperti pasir dan kerikil. Agregat buatan adalah agregat yang memerlukan proses pemecahan batu dengan alat pemecah batu (*stone crusher*) untuk dijadikan sebuah material yang cocok dengan ukuran yang dibutuhkan.

Berdasarkan ukuran butirnya, agregat diklasifikasikan menjadi agregat kasar dan halus. Agregat kasar adalah agregat dengan diameter butirannya lebih besar dari 4,75 mm atau tertahan saringan No. 4. Sedangkan, agregat halus adalah agregat dengan diameter butiran kurang dari 4,75 mm atau lolos dari saringan No. 4 dan tertahan di saringan No. 200 dengan diameter 0,075 mm. (Saodang, 2004)

3.4.2 Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperature ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan sampai suatu temperatur tertentu aspal dapat berubah menjadi lunak atau cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau dapat masuk ke dalam pori-pori yang ada pada penyemprotan/penyiraman pada perkerasan macadam ataupun peleburan. Jika temperature mulai menurun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (Tenriajeng, 2002)

Aspal adalah bahan alam dengan komponen kimia utama hidrokarbon, hasil eksplorasi dengan warna hitam bersifat plastis hingga cair, tidak larut dalam larutan asam encer dan alkali atau air, tapi larut sebagian besar dalam *aether*, CS₂ bensol dan *chloroform* (Saodang, 2005).

Dari kedua definisi dari aspal ini, maka dapat disimpulkan bahwa aspal adalah material yang berwarna hitam atau coklat tua yang padat di suhu ruang dan dapat berubah menjadi cair di temperatur tertentu. Komponen kimia utama aspal adalah hidrokarbon. Aspal tidak dapat larut dalam larutan, namun sebagian besar aspal bisa larut dalam *aether*, CS₂ bensol dan *chloroform*.

3.4.3 Filler

Filler adalah agregat halus yang lolos dari saringan No. 200 atau diameter butirannya kurang dari 0,075 mm. Penggunaan *filler* pada campuran aspal berguna untuk mengisi rongga dalam campuran, untuk meningkatkan daya ikat aspal beton dan dapat meningkatkan stabilitas dari campuran aspal beton. (Saodang, 2004)

3.6 Gradasi Agregat

Gradasi atau distribusi ukuran agregat adalah suatu hal yang sangat penting dalam penentuan stabilitas perkerasan. Gradasi agregat mempengaruhi jumlah rongga yang antar butir yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan dalam proses pelaksanaan. (Tenriajeng, 2014)

Gradasi diperoleh dengan pengujian analisa saringan dengan menggunakan 1 set saringan yang disusun dari yang paling besar di paling atas sampai yang paling kecil

di bagian bawah saringan. Analisa saringan dapat dilakukan dengan menggunakan analisa kering atau basah. Gradasi dapat terbagi menjadi :

1. Gradasi Seragam;
2. Gradasi Rapat;
3. Gradasi Buruk.

3.5.1 Gradasi Seragam

Gradasi seragam (*uniform graded*) merupakan gradasi dengan ukuran agregat yang hampir sama/sejenis atau mengandung agregat halus yang sedikit sehingga rongga pada campuran tidak dapat terisi. Gradasi seragam juga biasa disebut gradasi terbuka. Agregat dengan gradasi seragam akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan sifat permeabilitas tinggi, stabilitas kurang dan berat volume kurang.

3.5.2 Gradasi Rapat

Gradasi rapat (*dense graded*) merupakan gradasi dengan ukuran agregat yang merata, agregat kasar dan agregat halus dalam porsi yang berimbang sehingga dinamakan juga agregat bergradasi baik (*well graded*). Gradasi ini juga biasa disebut gradasi menerus.

3.5.3 Gradasi Buruk

Gradasi buruk (*poorly graded*) merupakan campuran agregat yang tidak memenuhi 2 kategori di atas. Pada gradasi ini ada 1 fraksi yang hilang dalam satu campuran. Dengan hilangnya 1 fraksi tersebut, membuat gradasi tidak sesuai dengan porsinya. Gradasi ini juga biasa disebut dengan gradasi senjang.

3.7 Terak Nikel

Terak nikel adalah limbah padat yang dihasilkan dari penambangan bijih nikel. Nikel terdiri dari 41,47% *Silika*, 30,44% *Ferri Oksida* dan 2,58% *aluminia*. Kandungan tersebut didapat dari pengujian dengan menggunakan alat XRF dan XRD. (Asliah, 2020). Limbah terak nikel terbentuk melalui proses peleburan bijih nikel. Limbah awalnya berbentuk cair dengan temperatur sekitar ± 1550 °C yang langsung dikeluarkan melewati *slag runner* ke kolam granulasi (*slag granulation pond*) kemudian terak mengalami pendinginan.



Gambar 3.4 Terak Nikel

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Ada 2 metode pendinginan terak nikel. Yang pertama menggunakan semprotan air dengan air bertekanan tinggi untuk memecah ukuran terak sehingga terbentuk butiran-butiran. Yang kedua adalah menggunakan pendinginan udara. Dengan pendinginan udara, ukuran terak bisa diatur dengan menggunakan alat pemecah batu (*stone crusher*). (Demmalino, 2019)

3.8 Kadar Aspal Rencana (Pb)

Kadar aspal awal atau kadar aspal perkiraan 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 (Pb) dari persamaan berikut :

$$Pb = 0,035\%CA + 0,045\%FA + 0,18\%filler + K \quad (3.1)$$

Keterangan :

Pb : kadar aspal tengah, persen terhadap berat campuran

%CA : Persentase agregat tertahan saringan No. 8

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

%filler : Persentase agregat minimal 75% lolos saringan No. 200

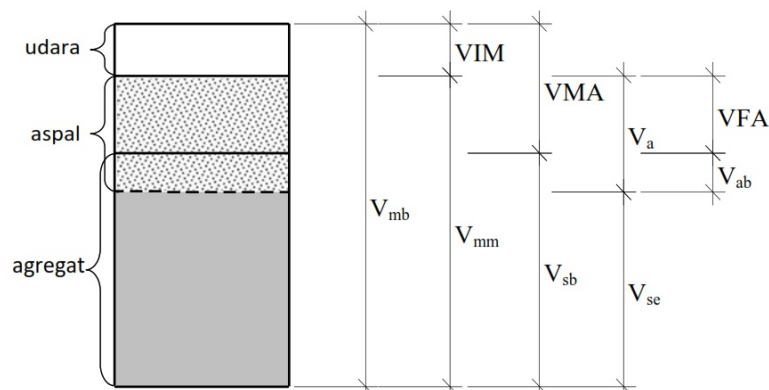
K : konstanta 0,5 – 1 untuk lapis AC

3.9 Karakteristik Campuran Aspal Beton

Karakteristik campuran yang diamati adalah karakteristik *Marshall*. Karakteristik *Marshall* diantaranya *Void in Material Aggregate* (VMA), *Void In Mixture* (VIM), *Void Filled With Asphalt* (VFA).

VIM adalah rongga yang masih tersisa setelah campuran beton aspal dipadatkan. VIM ini dibutuhkan untuk tempat bergesernya butir-butir agregat akibat pemadatan tambahan yang terjadi oleh repetisi beban lalu lintas atau tempat jika aspal meleleh menjadi lunak akibat meningkatnya suhu udara. VMA adalah volume rongga di dalam beton aspal padat jika seluruh selimut aspal diabaikan. VMA akan meningkat jika selimut aspal lebih tebal, atau agregat yang digunakan bergradasi terbuka. VFA adalah volume rongga antara agregat dari beton aspal padat yang terisi oleh aspal, disebut juga volume film atau selimut aspal. (Sukirman S. , 2016)

Secara skematis berbagai jenis volume yang terdapat di dalam campuran beton aspal ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 3.5 Skematis Berbagai Jenis Rongga Beton Aspal Padat

(Sumber : Sukirman, 2016)

Berikut adalah penjelasan dari semua karakteristik yang diuji.

3.8.1 *Void in the Material Aggregate* (VMA)

VMA adalah rongga di antara partikel agregat pada suatu perkerasan termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). VMA dapat dihitung dengan persamaan :

$$VMA = 100 - \frac{(100 - \% \text{aspal}) \times \text{berat volume benda uji}}{\text{B.J. Agregat}} \quad (3.2)$$

3.8.2 Void In Mixture (VIM)

VIM dalam campuran perkerasan beraspal terdiri dari ruang udara diantara partikel agregat yang diselimuti aspal. VIM dapat dihitung dengan persamaan :

$$VIM = 100 - \frac{100 \times \text{berat volume benda uji}}{\text{B.J. maksimum teoritis}} \quad (3.3)$$

Berat jenis maksimum teoritis :

$$BJ = \frac{100}{\frac{\% \text{agr}}{BJ \text{ agr}} + \frac{\% \text{aspal}}{BJ \text{ aspal}}} \quad (3.4)$$

3.8.3 Void Filled with Asphalt (VFA)

VFA adalah persentase rongga yang terdapat diantara partikel agregat (VMA) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. VFA dapat dihitung dengan persamaan :

$$VFA = 100 \times \frac{VMA - VIM}{VMA} \quad (3.5)$$

3.1 Marshall Test

Pengujian *Marshall* bertujuan untuk menentukan ketahanan dan kekuatan (stabilitas) terhadap kelelahan plastis (*flow*). Kedua data tersebut digunakan untuk menentukan *Marshall Quotient* (MQ).

3.9.1 Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan lapis keras dalam menahan beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk yang permanen. Stabilitas dinyatakan dalam kilogram (kg). Pengukuran stabilitas dengan uji *Marshall* diperlukan untuk mengetahui kekuatan geser dari sampel yang ditahan dua sisi kepala penekan. Nilai stabilitas diperoleh berdasarkan nilai yang ditunjukkan oleh arloji.

3.9.2 Kelelahan (*flow*)

Nilai *flow* ditunjukkan oleh jarum arloji pembacaan *flow*, bisa juga diukur dengan menggunakan jangka sorong. Nilai yang didapat sudah dalam satuan mm, sehingga tidak perlu di konversi kembali.

3.9.3 Marshall Quotient

Marshall Quotient dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$MQ = \frac{MS}{MF} \quad (3.6)$$