

PEMUKIMAN KUMUH DIPERKOTAAN STUDI KASUS KECAMATAN MEDAN DENAI

Nurmaidah

Staff Pengajar Program Studi Teknik Sipil Universitas Medan Area
JI Kolam No 1 Medan Estate-Medan. Kampus Universitas Medan Area
Email : nurmaidah@gmail.com

Abstract

Lapisan permukaan konstruksi perkerasan jalan adalah lapisan yang paling besar menerima beban. Oleh sebab itu material penyusun lapisan ini haruslah material yang berkualitas baik. Kadar agregat dalam perkerasan lentur umumnya berkisar antara 90-95% dari berat total. Pemakaian agregat yang tidak sesuai dengan per-syaratan inilah yang paling sering menjadi penyebab kerusakan pada perkerasan jalan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai stabilitas campuran aspal berongga dengan aspal normal, dengan kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai stabilitas yang disyaratkan minimal 800 kg. Karena hal ini mempengaruhi kemampuan lapisan perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan bentuk tetap seperti gelombang (washboarding) dan alur (rutting). Maksud dari penelitian ini untuk mengetahui seberapa besar pengaruh yang terjadi terhadap karakteristik aspal AC-WC melalui Marshall Test. Karakteristik yang diukur dengan menggunakan alat Marshall Test adalah stabilitas (stability), kelelahan (flow), kerapatan (density), marshall quotient (MQ), void filled (VFB), void in the mix (VIM), serta void in the mineral aggregate (VMA).

Kata Kunci : Asphalt Concrete – Wearing Course, SPSS, Karakteristik Marshall.

Abstract

The surface layer is a layer of pavement construction receive the greatest load. Therefore, the material making up this layer must be of good quality material. Levels of aggregates in flexible pavement generally range between 90-95% of the total weight. The use of aggregates that do not comply with the requirements is the most frequent cause of damage to the pavement. This study was conducted to determine the value of the stability of the asphalt mixture normal, and hollow compared to asphalt binder content of 5%, 5.5%, 6%, 6.5%, 7%. The test results showed that the stability required at least 800 kg. Because it affects the ability of pavement layers to withstand deformation due to traffic loads are working on it without changing its form remains as wave (washboarding) and groove (rutting). The purpose of this study was to determine how much influence what happens to the characteristics of the asphalt AC-WC through the Marshall Test. The characteristics were measured by using Marshall Test is stability (stability), flow (flow), density (density), marshall quotient (MQ), void filled (VFB), voids in the mix (VIM), and voids in the mineral aggregate (VMA).

Keywords: Asphalt Concrete - Wearing Course, SPSS, Marshall characteristics.

PENDAHULUAN

Pembangunan yang semakin meningkat menuntut adanya penambahan infrastruktur, diantaranya adalah fasilitas jalan raya. Pembangunan jalan raya di berbagai tempat memang menguntungkan bagi masyarakat karena mempermudah mobilisasi. Namun ada beberapa hal yang menjadi pemicu terjadinya kerusakan pada perkerasan maupun lapisan aspal tersebut seperti; umur rencana yang telah diperkirakan tidak sesuai akibat kurangnya perawatan maupun kapasitas beban yang tidak sesuai. Dengan perhitungan perencanaan tebal lapis perkerasan, Pada saat musim hujan akan timbul genangan air akibat buruknya sistem drainase yang berdampak pada berkurangnya kekuatan perkerasan lentur yang dapat menggerus lapisan-lapisan aspal. Kerusakan jalan pun tidak dapat dihindari dan akan mengganggu kenyamanan dalam berkendara.

Penelitian ini dilakukan untuk meneliti karakteristik daripada kuat tekan aspal Berongga dan Aspal Normal per 60/70. Dan seberapa besar kekuatan daya dukung benda uji tersebut terhadap deformasi atau tekanan jika diaplikasikan di lapangan.

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Aspal/ Bitumen

Aspal di defenisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur suhu ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan sampai suatu temperatur tertentu aspal dapat menjadi lunak/cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau dapat masuk kedalam pori-pori yang ada pada penyemprotan atau penyiraman perkerasan. Jika temperatur mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada

tempatnyanya (sifat termoplastis). Sebagai salah satu material konstruksi perkerasan, aspal merupakan salah satu komponen kecil, umumnya hanya 4-10% berdasarkan berat atau 10-15% berdasarkan volume, tetapi merupakan komponen yang relatif mahal.

Hydrocarbon adalah bahan dasar utama dari aspal yang umum disebut dengan bitumen, sehingga aspal sering juga disebut dengan bitumen. Istilah Aspal umumnya digunakan di Amerika Serikat, sedangkan bitumen umumnya digunakan di negara-negara Eropa terutama Inggris. Aspal yang umum digunakan saat ini berasal dari salah satu proses destilasi minyak bumi dan disamping itu mulai banyak pula dipergunakan aspal alam yang berasal dari pulau Buton.

Aspal minyak yang digunakan untuk konstruksi perkerasan jalan merupakan hasil residu dari destilasi minyak bumi, sering disebut sebagai aspal semen. Aspal semen bersifat mengikat agregat pada campuran aspal beton dan memberikan lapisan kedap air, serta tahan terhadap pengaruh asam, basa dan garam. Ini berarti jika dibuatkan lapisan dengan mempergunakan aspal sebagai pengikat dengan mutu yang baik dapat memberikan lapisan kedap air dan tahan terhadap pengaruh cuaca dan reaksi kimia yang lain. Sifat aspal akan berubah akibat panas dan umur, aspal akan menjadi kaku dan rapuh dan akhirnya daya adhesinya terhadap partikel agregat akan berkurang. Perubahan ini dapat diatasi/dikurangi jika sifat-sifat aspal dikuasai dan dilakukan langkah-langkah yang baik dalam proses pelaksanaan.

Sifat-sifat aspal antara lain:

a. Daya Tahan (Durability)

Daya tahan aspal 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.

b. Adhesi dan Kohesi

Adhesi adalah kemampuan aspal untuk mengikat agregat sehingga dihasilkan ikatan yang baik antara agregat dengan aspal. Kohesi adalah kemampuan aspal untuk tetap mempertahankan agregat tetap ditempatnya setelah terjadi pengikatan.

c. Kepekaan Terhadap Temperatur

Aspal adalah material yang termoplastis, berarti akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau lebih cair jika temperatur bertambah. Sifat ini dinamakan kepekaan terhadap perubahan temperatur. Kepekaan terhadap temperatur dari setiap hasil produksi aspal berbeda-beda tergantung dari asalnya walaupun aspal tersebut mempunyai jenis yang sama.

2.2. Sifat-sifat Fisik Agregat Dan Hubungannya Dengan Kinerja Campuran Beraspal.

Proses pembuatan aspal juga sangat berkaitan erat dengan agregat yang nantinya akan mempengaruhi sifat dan kinerja dari campuran beraspal, karena pada campuran beraspal, agregat memberikan kontribusi sampai 90-95% terhadap berat campuran, sehingga sifat-sifat agregat merupakan salah satu faktor penentu dari kinerja campuran tersebut.

Sifat agregat yang dapat menentukan kualitas sebagai bahan campuran adalah:

1. Ukuran butir
2. Gradasi
3. Kebersihan

4. Kekerasan
5. Bentuk partikel
6. Tekstur permukaan
7. Penyerapan
8. Kelekatan terhadap aspal

Gradasi agregat dapat dibedakan atas:

a. Gradasi seragam (uniform graded) / gradasi terbuka, adalah gradasi agregat dengan ukuran yang hampir sama. Gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka karena hanya mengandung sedikit agregat halus sehingga terdapat banyak rongga/ruang kosong antar agregat. Campuran beraspal yang dibuat dengan gradasi ini bersifat porus atau memiliki permeabilitas yang tinggi, stabilitas rendah dan memiliki berat isi yang kecil (aspal berongga).

b. Gradasi rapat (Dense Graded), adalah gradasi agregat dimana terdapat butiran dari agregat kasar dan halus dalam porsi berimbang sehingga dinamakan juga agregat bergradasi baik (well graded). Campuran dengan gradasi ini memiliki stabilitas tinggi, agak kedap terhadap air dan memiliki berat isi yang besar (aspal normal).

c. Gradasi buruk/jelek (Poorly Graded), adalah campuran agregat yang tidak memenuhi 2 kategori diatas. Agregat bergradasi buruk yang umum digunakan untuk lapisan perkerasan lentur yaitu gradasi celah (gap graded). merupakan campuran agregat dengan 1 fraksi hilang atau 1 fraksi sedikit sekali. Sering disebut juga gradasi senjang. Agregat dengan gradasi senjang akan menghasilkan lapisan perkerasan yang mutunya terletak antara kedua jenis diatas.

2.3. Campuran Beraspal Panas

Dalam spesifikasi terdapat beberapa jenis campuran beraspal, yaitu:

1. Latasir (Lapis tipis aspal pasir)
2. Lataston (Lapis tipis aspal beton), dan
3. Laston (Lapis aspal beton)
- 2.4. Karakteristik Marshall

Karakteristik campuran aspal agregat dan agregat aspal dapat diukur dari sifat-sifat Marshall yang ditunjukkan pada nilai-nilai sebagai berikut :

2.4.1. Stabilitas (stability)

Stabilitas adalah beban yang dapat ditahan campuran aspal sampai terjadi kelelahan plastis atau dengan arti lain yaitu kemampuan lapis keras untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan bentuk tetap seperti gelombang (washboarding) dan alur (rutting). Nilai stabilitas dipengaruhi oleh bentuk, kualitas, tekstur permukaan dan gradasi agregat yaitu gesekan antar butiran agregat (internal friction) dan penguncian antar agregat (interlocking), daya lekat (cohesion), dan kadar aspal dalam campuran.

Nilai stabilitas berpengaruh pada fleksibilitas lapis perkerasan yang dihasilkan. Syarat nilai stabilitas disyaratkan minimal 800 kg. Untuk mencari nilai stabilitas terlebih dahulu benda uji direndam didalam Water Bath dengan suhu 60° selama 30 menit, lalu dilakukan pengujian marshall test.

2.4.2. Kelelahan (Flow)

Flow adalah besarnya penurunan atau deformasi vertikal benda uji yang terjadi pada awal pembebanan sehingga stabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya

deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterima. Deformasi yang terjadi erat kaitannya dengan sifat-sifat Marshall yang lain seperti stabilitas, VITM dan VFWA. Nilai VITM yang besar menyebabkan berkurangnya interlocking resistance campuran dan dapat berakibat timbulnya deformasi. Nilai VFWA yang berlebihan juga menyebabkan aspal dalam campuran berubah konsistensinya menjadi pelicin antar batuan. Nilai flow dipengaruhi oleh kadar dan viskositas aspal, gradasi agregat, jumlah dan temperatur pemadatan.

Syarat nilai flow dibatasi minimal 3 mm. Nilai flow yang rendah akan mengakibatkan campuran menjadi kaku sehingga lapis perkerasan menjadi mudah retak. Sedangkan campuran dengan nilai flow tinggi akan menghasilkan lapis perkerasan yang plastis sehingga perkerasan akan mudah mengalami perubahan bentuk seperti gelombang (washboarding) dan alur (rutting).

2.4.3. Kerapatan (density)

Density merupakan tingkat kerapatan campuran setelah campuran dipadatkan. Semakin tinggi nilai density suatu campuran menunjukkan bahwa kerapatannya semakin baik. Nilai density dipengaruhi oleh beberapa factor seperti gradasi campuran, jenis dan kualitas bahan susun, faktor pemadatan dan jumlah pemadatan maupun temperatur pemadatan, penggunaan kadar aspal dan penambahan bahan additive dalam campuran. Campuran dengan nilai density yang tinggi akan mampu menahan beban yang lebih besar dibanding dengan campuran yang dimiliki nilai density yang rendah, karena butiran agregat mempunyai bidang kontak yang luas sehingga gaya gesek (friction) antara butiran agregat menjadi besar. Selain itu density juga mempengaruhi kekedapan campuran, semakin besar nilai density campuran, maka

campuran tersebut akan semakin kedap terhadap air dan udara.

2.4.4. VITM (Void In The Mix)

Void In The Mix (VITM) merupakan persentase rongga yang terdapat dalam total campuran. Nilai VITM berpengaruh terhadap keawetan lapis perkerasan, semakin tinggi nilai VITM menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat porous. Hal ini mengakibatkan campuran menjadi kurang rapat sehingga air dan udara mudah memasuki rongga-rongga dalam campuran yang menyebabkan aspal mudah teroksidasi.

Syarat dari nilai VITM adalah 3% - 5%. Nilai VITM yang terlalu rendah akan menyebabkan bleeding karena pada suhu yang tinggi viskositas aspal menurun sesuai sifat termoplastisnya.

2.4.5. VFWA (Void Filled With Asphalt)

Void Filled With Asphalt (VFWA) merupakan persentase rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan. Nilai VFWA dipengaruhi oleh faktor pemadatan, yaitu jumlah dan temperatur pemadatan, gradasi agregat dan kadar aspal. Nilai VFWA berpengaruh pada sifat kedap campuran terhadap air dan udara serta sifat elastisitas campuran. Dengan kata lain VFWA menentukan stabilitas, fleksibilitas dan durabilitas.

Semakin tinggi nilai VFWA berarti semakin banyak rongga dalam campuran yang terisi aspal sehingga kedap campuran terhadap air dan udara juga akan semakin tinggi, tetapi nilai VFWA yang terlalu kecil akan menyebabkan campuran kurang kedap terhadap air dan udara karena lapisan film aspal akan menjadi tipis dan akan mudah retak bila menerima penambahan beban sehingga campuran aspal mudah teroksidasi yang akhirnya menyebabkan lapis

perkerasan tidak tahan lama. Nilai VFWA yang disyaratkan minimal 65%. Nilai ini menunjukkan persentase rongga campuran yang berisi aspal, nilainya akan naik berdasarkan naiknya kadar aspal sampai batas tertentu, dimana rongga telah penuh.

2.4.6. VMA (Void In The Mineral Agregate)

Void In The Mineral Agregate (VMA) adalah rongga udara antar butir agregat aspal padat, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif, yang dinyatakan dalam persen terhadap total volume. Kuantitas terhadap rongga udara berpengaruh terhadap kinerja suatu campuran karena jika VMA terlalu kecil maka campuran bisa mengalami masalah durabilitas, dan jika VMA terlalu besar maka campuran bisa memperlihatkan masalah stabilitas dan tidak ekonomis untuk diproduksi.

Nilai VMA dipengaruhi oleh faktor pemadatan, yaitu jumlah dan temperatur pemadatan, gradasi agregat, dan kadar aspal. Nilai VMA ini berpengaruh pada sifat kedap campuran terhadap air dan udara serta sifat elastis campuran. Dapat juga dikatakan bahwa nilai VMA menentukan nilai stabilitas, fleksibilitas dan durabilitas. Nilai VMA yang disyaratkan dibatasi minimal sebesar 15%.

2.4.7. Marshall Quotient

Marshall Quotient adalah hasil bagi antara stabilitas dengan flow. Nilai Marshall Quotient akan memberikan nilai fleksibilitas campuran. Semakin besar nilai Marshall Quotient berarti campuran semakin kaku, sebaliknya bila semakin kecil nilainya maka campuran semakin lentur. Nilai Marshall Quotient dipengaruhi oleh nilai stabilitas dan flow.

Nilai Marshall Quotient yang disyaratkan adalah antara 250 kg/mm sampai 350

kg/mm. Nilai Marshall quotient dibawah 250 kg/mm mengakibatkan perkerasan mudah mengalami washboarding, rutting dan bleeding. Sedangkan nilai Marshall Quotient 350 kg/mm mengakibatkan perkerasan menjadi kaku dan mudah mengalami retak.

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Umum

Penelitian ini dilakukan di laboratorium jalan raya UPT. Pengujian dan Pengendalian Mutu Dinas Bina Marga, Provinsi Sumatera Utara. Jalan Sakti Lubis No. 7 R Medan.

Seperti telah disampaikan di Bab 1 bahwa jenis campuran beraspal panas yang dipilih untuk penelitian ini adalah Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC). Pengujian-pengujian yang dilakukan meliputi :

- a. Pengujian agregat meliputi : Gradasi agregat batu pecah, pasir, abu batu, filler, dan berat jenis.
- b. Selanjutnya mempersiapkan bahan, yaitu menyaring agregat untuk kebutuhan perencanaan campuran rencana JMF (Job Mix Formula).
- c. Membuat benda uji Marshall.
- d. Pengujian benda uji Marshall dengan tujuan mendapatkan sifat-sifat seperti:

Stabilitas, Flow, VIM (Void In The Mix), VFA (Void Filled With Asphalt), VMA (Void Mix Aggregate) dan Marshall Quotient (MQ).

3.2. Penyiapan Bahan Penelitian

Bahan untuk campuran beraspal panas yang dipakai dalam penelitian ini adalah :

- a. Aspal minyak pen 60/70

- b. Agregat : Batu pecah ukuran $\frac{3}{4}$ " (CA), $\frac{1}{2}$ " (MA), abu batu, pasir.

- c. Bahan pengisi (filler) yang digunakan adalah Semen Portland.

3.3. Pengujian dan Persyaratan Bahan

Pengujian dan persyaratan bahan yang digunakan dalam penelitian ini sesuai dengan Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Tahun 2010, Departemen Pekerjaan Umum.

3.3.1. Perencanaan Gradasi

Jenis campuran aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC). Dan spesifikasi gradasi agregat dengan besar butir maksimum 19 mm ($\frac{3}{4}$ ").

Jumlah campuran rencana yang digunakan dalam penelitian ini direncanakan 2 macam campuran dengan kadar 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7%. Terdiri dari :

- a. Campuran aspal berongga.
- b. Campuran aspal Normal.

3.3.2. Berat Jenis Dan Penyerapan

Setelah semua penyaringan dilakukan maka langkah selanjutnya adalah mencari berat jenis dan penyerapan dari semua material yang telah dipersiapkan. Dengan cara mencuci terlebih dahulu masing-masing material, kemudian agregat direndam didalam air selama 24 jam. Setelah perendaman selesai masing-masing agregat batu ditimbang dalam air dengan menggunakan pan saringan yang digantung pada timbangan (neraca).

Setelah penimbangan batu selesai, material-material tersebut kemudian dilap, kemudian ditimbang lagi untuk menentukan berat

basah jenuhnya. Sementara abu batu dan pasir di timbang dengan menggunakan labu ukur.

3.3.3. Peralatan untuk pembuatan sampel

3.3.4. Tahap Pembuatan benda uji

3.3.5. Kadar Aspal Rencana (Pb)

Perkiraan pertama kadar aspal rencana (Pb) dari rumus :

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

Dimana :

Pb = Kadar aspal rencana awal.

CA = Agregat kasar tertahan saringan No.8.

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

FF = Bahan pengisi (filler).

K = Nilai konstanta sekitar 0,50-1,0.

Bulat kan nilai Pb ke 0,5 % terdekat. Buat benda uji dengan 3 kadar aspal diatas Pb dan 2 kadar aspal di bawah Pb dan dibuat contoh benda uji dengan kadar aspal 5,5%, 6%, 6,5%.

3.4. Pengujian Campuran Beraspal

3.4.1. Uji Rendaman Marshall

Pengujian ini dilakukan untuk melihat ketahanan campuran terhadap pengaruh kerusakan air. Air pada campuran beraspal dapat mengakibatkan berkurangnya daya lekat aspal terhadap agregat sehingga dapat melemahkan ikatan antar agregat.

Pengujian dilakukan dengan membuat 20 sampel benda uji untuk campuran aspal berongga dan aspal normal, dengan kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5, 7%. Perendaman sampel dilakukan selama 30 menit dengan

suhu 60°C didalam penangas air (Waterbath). Selanjutnya membuat 6 sampel benda uji PRD untuk campuran aspal berongga dan aspal normal, dengan kadar aspal 5,5%, 6%, 6,5%. Perendaman sampel dilakukan selama 24 jam dengan suhu 60°C didalam penangas air (Waterbath) dan lakukan pengujian Marshall.

3.4.2. Pengujian Marshall

3.4.3. Pengujian sampel

3.5. Penentuan Kadar Aspal Optimum

Nilai kadar aspal optimum yang akan digunakan diperoleh dari hasil grafik hubungan antara bulk density, stability, air void, void filled, void mix in agregate, flow, marshall quotient, dan kepadatan mutlak sehingga diketahui koridor grafik. Koridor tersebut dibagi menjadi dua sehingga diperoleh kadar aspal optimumnya.

PENGOLAHAN DATA

4.1. Hasil Pengujian Material

Sebelum perkerasan suatu jalan dibuat, perlu dilakukan pemeriksaan terhadap material penyusun jalan, yaitu aspal dan agregat secara teliti. Hal ini untuk mengetahui sifat-sifat dari material tersebut dimana merupakan faktor penentu kemampuan perkerasan jalan dalam memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca. Sampel agregat yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Asphalt Mixing Plant (AMP) PT. Trimurti Patumbak, Kabupaten Deli Serdang. Pemeriksaan agregat dilakukan di Laboratorium UPT. Pengujian dan Pengendalian Mutu Dinas Bina Marga, Provinsi Sumatera Utara. dengan menggunakan acuan standar uji Standar Nasional Indonesia (SNI) Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi

3. Pengujian material meliputi : uji agregat (kasar, halus, filler).

komposisi agregat dengan aspal yang akan digunakan dengan teliti.

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang diperoleh dari Perbandingan Aspal Berongga Dengan Aspal Normal adalah:

1. Dari data hasil pengujian tes uji Marshall terhadap campuran aspal AC-WC dengan variasi aspal yang berbeda, didapat kadar aspal optimum sebesar 5,73% dan 6,10%.

2. Sedangkan dari variasi agregat yang berbeda dengan menggunakan kadar aspal optimum, Stability yang memenuhi karakteristik Marshall adalah campuran perkerasan aspal normal. Dengan nilai stabilitas mampu menahan beban roda lalu lintas sebesar 1050 kg. Sedangkan campuran aspal berongga hanya mampu menahan beban roda lalu lintas sebesar 605 kg, hal ini dikarenakan rongga antar agregat tidak saling mengisi satu sama lain. Sehingga campuran aspal berongga ini kurang baik digunakan karena tidak efisiensi dalam merencanakan suatu perkerasan jalan raya.

3. Dari data hasil metode korelasi ternyata aspal berongga dengan aspal normal tidak saling hubungan.

5.2. Saran

Sebelum melakukan penelitian mendalam terhadap gradasi, berat jenis, dan penyerapan dari agregat yang akan digunakan penting juga diperhatikan perbandingan campuran

DAFTAR PUSTAKA

Dewan Standardisasi Nasional, 1989, Tata Cara Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metoda Analisa Komponen (SNI-1732-1989), Jakarta: Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum..

Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002, Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur (Pt T-01-2002-B), Jakarta: Puslitbang Prasarana Transportasi.

Departemen Pekerjaan Umum, 2007. Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Divisi VI Perkerasan Aspal.

Djoko Untung, Ir, 1979. Konstruksi Jalan Raya, Jakarta. Penerbit Badan Pekerjaan Umum

HPJI. 2010. Modul Himpunan Pengembangan Jalan Indonesia. Jakarta: Penerbit HPJI.

Sukirman, Silvia. 1999. Perkerasan Lentur Jalan Raya, Bandung: Penerbit Nova.

Suryawan, Ary. 2009. Perkerasan Jalan Beton Semen Portland (Rigid Pavement), Jakarta: Penerbit Beta Offset.