

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

Tahapan dari pelaksanaan konstruksi jalan meliputi tahap produksi campuran, tahap persiapan lapangan, tahap pengangkutan campuran, tahap penghamparan dan tahap pemadatan di lapangan. Produksi campuran beraspal dilakukan di instalasi pencampur atau disebut AMP (*Asphalt Mixing Plant*) dengan menggunakan spesifikasi yang telah disyaratkan. Kemudian campuran tersebut diangkut oleh kendaraan yang bersih, dengan dinding bak tertutup agar panasnya tidak hilang. Bagian atas campuran harus ditutup ketika diangkut, atau ketika saat menunggu penuangan. Bagian dalam bak pengangkut dapat dilumuri oleh abu batu, abu batu yang terselimuti aspal, atau air sesedikit mungkin agar campuran beraspal tidak melekat pada dinding bak.

Dalam proses pengangkutan campuran kemungkinan terjadi perubahan cuaca, misalnya gerimis, hujan atau perubahan suhu pada suatu daerah yang relatif dingin sehingga campuran beraspal tersebut bisa mengalami penurunan suhu. Kondisi ini menyebabkan campuran beraspal tersebut tidak dapat dihamparkan pada lokasi pembangunan jalan karena suhu campuran berada dibawah suhu penghamparan dan pemadatan. Menurut ketentuan, campuran beraspal yang telah mengalami penurunan suhu tidak dapat digunakan lagi karena tidak sesuai dengan persyaratan yang telah ditentukan. Tetapi kenyataan yang banyak terjadi di lapangan adalah penghamparan tetap dilakukan dan diikuti dengan tahap selanjutnya yaitu pemadatan. Oleh karena itu, peneliti merasa perlu menganalisa seberapa berpengaruh penurunan suhu pada campuran lapis aspal beton.

2.2 Pengertian Beton Aspal

Aspal beton (*hotmix*) adalah campuran agregat halus dengan agregat kasar, dan bahan pengisi (*filler*) dengan bahan pengikat aspal dalam kondisi

suhu panas tinggi. Dengan komposisi yang diteliti dan diatur oleh spesifikasi teknis.

Menurut Bambang Irianto (1988) dan Silvia Sukirman (1999), aspal beton adalah suatu bahan yang terdiri dari campuran antara batuan (agregat kasar dan agregat halus) dengan bahan ikat aspal yang mempunyai persyaratan tertentu, dimana kedua material sebelum dicampur secara homogen, harus dipanaskan terlebih dahulu. Karena dicampur dalam keadaan panas, maka sering disebut sebagai *hotmix*. Dalam campuran aspal harus dipanaskan untuk memperoleh tingkat kecairan (viskositas) yang tinggi agar dapat menghasilkan mutu campuran yang baik dan kemudahan dalam pelaksanaan. Pemilihan jenis aspal yang akan digunakan ditentukan atas dasar iklim cuaca, kepadatan volume lalu lintas, dan jenis konstruksi yang akan digunakan.

Menurut Bina Marga (2012), aspal beton secara luas digunakan sebagai lapisan permukaan konstruksi jalan dengan lalu lintas berat, sedang, ringan, dan lapangan terbang, dalam kondisi segala macam cuaca. Berdasarkan bahan yang digunakan dan kebutuhan desain konstruksi jalan aspal beton mempunyai beberapa jenis antara lain :

- a. *Binder Course* (BC) dengan tebal minimum 4 cm biasanya digunakan sebagai lapis kedua sebelum *wearing course*.
- b. *Asphalt Traeted Base* (ATB) dengan tebal minimum 5 cm digunakan sebagai lapis pondasi atas konstruksi jalan dengan lalu lintas berat/tinggi.
- c. *Hot Roller Sheet* (HRS)/Lataston/Laston 3 dengan tebal penggelaran minimum 3 cm sampai dengan 4 cm digunakan sebagai lapis permukaan konstruksi jalan dengan lalu lintas sedang.
- d. *Fine Grade* (FG) dengan tebal minimum 2,8 cm maksimum 3 cm bisanya digunakan untuk jalan perumahan dengan beban rendah.
- e. *Sand Sheet* dengan tebal maksimum 2,8 cm biasanya digunakan untuk jalan perumahan dan perparkiran.

- f. *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)*/Laston dengan tebal penggelaran minimum 4 cm digunakan sebagai lapis permukaan jalan dengan lalu lintas berat.

2.3 Bahan Campuran Beton Aspal

Komposisi dari campuran aspal panas terdiri dari komponen utama yaitu : agregat, *filler*, aspal dan faktor panas. Disamping itu untuk meningkatkan kemampuan campuran aspal panas dapat juga digunakan bahan tambahan. Menurut Rian Putrojoyo (2006), campuran beton aspal adalah kombinasi material bitumen dengan agregat yang merupakan permukaan perkerasan yang biasa dipergunakan akhir-akhir ini. Karakteristik campuran diperoleh melalui analisa hasil rancangan dan pengujian yang dilakukan selama pencampuran material dan pemadatan. Material aspal dipergunakan untuk semua jenis jalan raya dan merupakan salah satu bagian dari lapisan beton aspal jalan raya kelas satu hingga dibawahnya. Material tersebut biasanya dalam keadaan baik pada suhu normal dan apabila suhu tinggi akan melemah dan berkurang kepadatannya. Ketika terjadi pencampuran antara agregat dengan bitumen yang kemudian dalam keadaan dingin, campuran tersebut akan mengeras dan akan mengikat agregat secara bersamaan dan membentuk suatu lapis permukaan perkerasan.

Adapun sifat-sifat dari aspal beton antara lain: tahan terhadap keausan lalu lintas, kedap air dan mempunyai nilai *structural*, mempunyai stabilitas yang tinggi dan peka terhadap penyimpangan perencanaan dan pelaksanaan. Oleh karena itu, untuk menghasilkan campuran aspal beton yang bermutu baik maka campuran aspal beton tersebut harus memenuhi sifat-sifat campuran, antara lain :

- Kadar aspal cukup untuk memberikan kelenturan.
- Stabilitas yang cukup untuk memberikan kemampuan agar dapat memikul beban deformasi yang disebabkan oleh beban lalu lintas.

- Kadar rongga yang cukup untuk menampung penambahan kekuatan.
- Workabilitas yang cukup untuk memudahkan pengerjaan dan tidak terjadi segregasi.
- Dapat menghasilkan campuran yang akhirnya menghasilkan lapis perkerasan yang sesuai dengan persyaratan.

Laston yang direncanakan di Indonesia setara dengan spesifikasi Laston Bina Marga (Spesifikasi Bina Marga 13/PT/B/1983) dan digunakan untuk jalan-jalan dengan lalu lintas berat, tanjakan, pertemuan jalan dan daerah-daerah lainnya dimana permukaan menanggung beban roda yang berat.

Berikut adalah bahan campuran beton aspal, yaitu :

a. Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir, atau mineral lainnya baik berupa hasil alam maupun buatan (SNI No: 1737-1989-F). Agregat adalah suatu bahan yang keras dan kaku yang digunakan sebagai bahan campuran dan berupa berbagai jenis butiran atau pecahan, termasuk didalamnya antara lain: pasir, kerikil, agregat pecah, terak dapur tinggi dan debu agregat. Banyaknya agregat dalam campuran aspal umumnya berkisar antara 90% sampai dengan 95% terhadap total berat campuran atau 70% sampai dengan 85% terhadap volume campuran aspal. Mineral agregat utamanya untuk menahan beban yang bekerja pada perkerasan. Macam-macam agregat sebagai berikut :

1) Agregat kasar

Fraksi agregat kasar untuk rancangan adalah yang tertahan saringan no.4 (4,75 mm) dan haruslah bersih, keras, awet, dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi persyaratan pada fraksi agregat kasar untuk keperluan pengujian. Agregat kasar harus mempunyai ketahanan terhadap abrasi bila digunakan sebagai campuran *wearing course*. Untuk itu nilai *los angeles abrasion test* harus dipenuhi.

2) Agregat halus

Persyaratan agregat halus secara umum menurut SNI 03-6821-2002 adalah sebagai berikut :

- 1) Agregat halus terdiri dari butir-butir tajam dan keras.
- 2) Butir-butir halus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca. Sifat kekal agregat halus dapat di uji dengan larutan jenuh garam. Jika dipakai natrium sulfat maksimum bagian yang hancur adalah 10% berat.
- 3) Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (terhadap berat kering), jika kadar lumpur melampaui 5% maka pasir harus di cuci.

Agregat halus juga harus mempunyai gradasi, gradasi agregat yang dimaksud adalah distribusi ukuran butiran dari agregat. Bila butir-butir agregat mempunyai ukuran yang sama (seragam) volume pori akan besar. Sebaliknya bila ukuran butir-butirnya bervariasi akan terjadi volume pori yang kecil. Hal ini karena butiran yang kecil mengisi pori diantara butiran yang besar, sehingga pori-porinya sedikit, dengan kata lain kemampatannya tinggi.

b. Aspal

Aspal merupakan suatu produk berbasis minyak yang merupakan turunan dari proses penyulingan minyak bumi, dan dikenal dengan nama aspal keras. Aspal juga terdapat di alam secara alamiah, aspal ini dibuat dengan menambahkan bahan tambah kedalam aspal yang bertujuan untuk memperbaiki atau memodifikasi sifat rheologinya sehingga menghasilkan jenis aspal baru yang disebut aspal modifikasi. Berbagai jenis aspal, sebagai berikut :

1) Aspal keras

Pada proses destilasi fraksi ringan yang terkandung dalam minyak bumi dipisahkan dengan destilasi sederhana hingga

menyisakan suatu residu yang dikenal dengan nama aspal keras. Dalam proses destilasi ini, aspal keras baru dihasilkan melalui proses destilasi hampa pada temperatur sekitar 480°C. Temperatur ini bervariasi tergantung pada sumber minyak mentah yang disuling atau tingkat aspal keras yang akan dihasilkan.

Untuk menghasilkan aspal keras dengan sifat-sifat yang diinginkan, proses penyulingan harus ditangani sedemikian rupa sehingga dapat mengontrol sifat-sifat aspal keras yang dihasilkan. Hal ini sering dilakukan dengan mencampur berbagai variasi minyak mentah bersama-sama sebelum proses destilasi dilakukan.

Pencampuran ini nantinya dilakukan agar menghasilkan aspal keras dengan sifat-sifat yang bervariasi, sesuai dengan sifat-sifat yang diinginkan. Cara lainnya yang sering dilakukan untuk mendapatkan aspal keras adalah dengan viskositas menengah, yaitu dengan mencampur berbagai jenis aspal keras dengan proporsi tertentu dimana aspal keras yang sangat encer dicampur dengan aspal lainnya yang kurang encer sehingga menghasilkan aspal dengan viskositas menengah. Selain melalui proses destilasi hampa dimana aspal dihasilkan dari minyak mentah dengan pemanasan dan penghampaan, aspal keras juga dapat dihasilkan melalui proses ekstraksi zat pelarut. Dalam proses ini fraksi minyak (bensin, solar, dan minyak tanah) yang terkandung dalam minyak mentah, dikeluarkan sehingga meninggalkan aspal sebagai residu.

2) Aspal cair

Aspal cair dihasilkan dengan melarutkan aspal keras dengan bahan pelarut berbasis minyak. Aspal ini dapat juga dihasilkan secara langsung dari proses destilasi, dimana dalam proses ini fraksi minyak ringan terkandung dalam minyak mentah tidak seluruhnya dikeluarkan. Kecepatan menguap dari minyak yang digunakan sebagai pelarut atau minyak yang sengaja ditinggalkan dalam residu pada

proses destilasi akan menentukan jenis aspal cair yang dihasilkan. Aspal cair dibedakan dalam beberapa jenis, yaitu:

- (a) Aspal cair cepat mantap (RC = *Rapid Curing*), yaitu aspal cair yang bahan pelarutnya cepat menguap. Pelarut yang digunakan pada aspal jenis ini biasanya adalah bensin.
- (b) Aspal cair mantap sedang (MC = *Medium Curing*), yaitu aspal cair yang bahan pelarutnya tidak begitu cepat menguap. Pelarut yang digunakan pada aspal jenis ini biasanya adalah minyak tanah.
- (c) Aspal cair lambat mantap (SC = *Slow Curing*), yaitu aspal cair yang bahan pelarutnya lambat menguap. Pelarut yang digunakan pada aspal jenis ini adalah solar.

Tingkat kekentalan aspal cair sangat ditentukan oleh proporsi atau rasio bahan pelarut yang digunakan terhadap aspal keras atau yang terkandung pada aspal cair tersebut. Aspal cair jenis MC-800 memiliki nilai kekentalan yang lebih tinggi dari MC-200.

3) Aspal modifikasi

Aspal modifikasi dibuat dengan mencampur aspal keras dengan suatu bahan tambah. *Polymer* adalah jenis bahan tambah yang sering di gunakan saat ini, sehingga aspal modifikasi sering disebut juga aspal *polymer*.

Antara lain berdasarkan sifatnya, ada dua jenis bahan *polymer* yang biasanya digunakan untuk tujuan ini, yaitu:

- (a) Aspal *polymer* elastomer dan karet adalah jenis-jenis *polymer* elastomer yang SBS (*Styrene Butadine Sterene*), SBR (*Styrene Butadine Rubber*), SIS (*Styrene Isoprene Styrene*), dan karet adalah jenis *polymer* elastomer yang biasanya digunakan sebagai bahan pencampur aspal keras. Penambahan *polymer* jenis ini dimaksudkan untuk memperbaiki sifat rheologi aspal, antara lain penetrasi, kekentalan, titik lembek dan elastisitas aspal keras. Campuran beraspal yang dibuat dengan aspal

polymer elastomer akan memiliki tingkat elastisitas yang lebih tinggi dari campuran beraspal yang dibuat dengan aspal keras. Presentase penambahan bahan tambah (*additive*) pada pembuatan aspal *polymer* harus ditentukan berdasarkan pengujian laboratorium, karena penambahan bahan tambah sampai dengan batas tertentu memang dapat memperbaiki sifat-sifat rheologi aspal dan campuran tetapi penambahan yang berlebihan justru akan memberikan pengaruh yang negatif.

(b) Aspal *polymer* plastomer, seperti halnya dengan aspal *polymer elastomer*, penambahan bahan *polymer* plastomer pada aspal keras juga dimaksudkan untuk meningkatkan sifat rheologi baik pada aspal keras dan sifat fisik campuran beraspal. Jenis *polymer* plastomer yang telah banyak digunakan antara lain adalah EVA (*Ethylene Vinyle Acetate*), *Polypropilene*, dan *Polyethilene*. Presentase penambahan *polymer* ini kedalam aspal keras juga harus ditentukan berdasarkan pengujian laboratorium, karena penambahan bahan tambah sampai dengan batas tertentu penambahan ini dapat memperbaiki sifat-sifat rheologi aspal dan campuran tetapi penambahan yang berlebihan justru akan memberikan pengaruh yang negatif.

c. Bahan pengisi (*filler*)

Filler adalah bahan berbutir halus yang mempunyai fungsi sebagai pengisi rongga dalam campuran (*void in mix*) dan termasuk butiran yang lolos saringan no. 30 dimana persentase berat yang lolos saringan no. 200 minimum 65% (SKBI-2.4.26.1987).

Menurut Bina Marga (2007), *filler* merupakan material pengisi yang terdiri dari abu batu, abu kapur (*limestone dust*), abu terbang, semen (PC) atau bahan non plastis lainnya yang harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bahan-bahan lain yang mengganggu.

Adapun jenis dan sifat *filler* adalah :

- 1) Bahan pengisi yang ditambahkan terdiri atas debu batu kapur (*limestone dust*), kapur padam (*hydrated lime*), semen atau abu terbang yang sumbernya disetujui oleh Direksi Pekerjaan.
- 2) Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan.
- 3) Pada spesifikasi 2010, campuran beraspal harus mengandung bahan pengisi yang ditambahkan tidak kurang dari 1% dan maksimum 2% dari berat total agregat.

Pemberian *filler* pada campuran lapis keras mengakibatkan lapis keras mengalami berkurangnya kadar pori. Partikel *filler* menempati rongga diantara partikel-partikel yang lebih besar, sehingga ruang diantara partikel-partikel besar menjadi berkurang. Secara umum penambahan *filler* ini dimaksudkan untuk menambah stabilitas serta kerapatan dari campuran aspal.

Adapun fungsi dari *filler* adalah :

- 1) Untuk memodifikasi gradasi agregat halus, sehingga berat jenis agregat meningkat dan jumlah aspal yang diperlukan untuk mengisi rongga akan berkurang.
- 2) Mengisi ruang antar agregat halus dan kasar serta meningkatkan kepadatan dan stabilitas.
- 3) Mengisi rongga dan menambah bidang kontak antar butir agregat sehingga akan meningkatkan kekuatan campuran.
- 4) Bila dicampur dengan aspal, *filler* akan membentuk bahan pengikat yang berkonsistensi tinggi sehingga mengikat butiran agregat secara bersama-sama.
- 5) Mengurangi rongga udara (*air void*).

Kekuatan utama aspal beton ada pada keadaan butir agregat yang saling mengunci dan sedikit pada pasir/*filler*/bitumen sebagai mortar. Akan tetapi, banyaknya bahan pengisi dalam campuran aspal beton sangat

dibatasi. Kebanyakan bahan pengisi, maka campuran akan sangat kaku dan mudah retak, disamping memerlukan aspal yang banyak untuk memenuhi *workability*. Sebaliknya kekurangan bahan pengisi campuran menjadi sangat lentur dan mudah terdeformasi oleh roda kendaraan sehingga menghasilkan jalan yang bergelombang.

2.4 Karakteristik Beton Aspal

Untuk mendapatkan mutu aspal beton yang baik, dalam proses perencanaan campuran harus memperhatikan karakteristik campuran aspal beton. Berikut ketujuh macam karakteristik yang dimiliki oleh aspal beton, yaitu :

a. Stabilitas

Stabilitas lapisan pekerjaan jalan adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur ataupun *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas setingkat dengan jumlah lalu lintas dan beban kendaraan yang akan memakai jalan tersebut. Jalan dengan volume lalu lintas tinggi dan sebagian besar merupakan kendaraan berat menuntut stabilitas yang lebih besar dibandingkan dengan jalan dengan volume lalu lintas yang hanya terdiri dari kendaraan penumpang saja.

Beberapa variabel yang mempunyai hubungan dengan stabilitas antara lain :

- 1) Gaya gesek (*friction*), hal ini tergantung pada permukaan, gradasi dan bentuk agregat, kerapatan campuran serta kualitas aspal.
- 2) Kohesi, merupakan daya lekat dari masing-masing partikel bahan perkerasan. Kohesi batuan akan terlihat dari sifat kekerasannya dan kohesi campuran tergantung dari gradasi agregat, daya adhesi aspal dan sifat bantu bahan tambah.
- 3) Inersia, merupakan kemampuan lapis perkerasan untuk menahan perpindahan tempat (*resistence to displacement*), yang terjadi

akibat beban lalu lintas, baik besarnya beban maupun jangka waktu pembebanan.

Kestabilan yang terlalu tinggi menyebabkan lapisan itu menjadi kaku dan cepat mengalami retak, disamping itu karena volume antar agregat kurang, mengakibatkan kadar aspal yang dibutuhkan rendah. Hal ini menghasilkan film aspal tipis dan mengakibatkan ikatan aspal mudah lepas sehingga durabilitasnya rendah.

Stabilitas terjadi dari hasil geseran antar butir, penguncian antar partikel dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal. Dengan demikian stabilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan mengusahakan penggunaan :

- 1) Agregat dengan gradasi yang rapat (*dense graded*).
- 2) Agregat dengan permukaan yang kasar dan berbentuk kubus.
- 3) Aspal dengan penetrasi rendah.
- 4) Aspal dengan jumlah yang mencukupi untuk ikatan antar butir.

Agregat bergradasi baik, bergradasi rapat memberikan rongga antar butiran agregat (*voids in mineral agregat* = VMA) yang kecil. Keadaan ini menghasilkan stabilitas yang tinggi, tetapi membutuhkan kadar aspal yang rendah untuk mengikat agregat. VMA yang kecil mengakibatkan aspal yang dapat menyelimuti agregat terbatas dan menghasilkan film aspal yang tipis. Film aspal yang tipis mudah lepas yang mengakibatkan lapis tidak lagi kedap air, oksidasi mudah terjadi, dan lapis perkerasan menjadi rusak.

Pemakaian aspal yang banyak mengakibatkan aspal tidak lagi dapat menyelimuti agregat dengan baik (karena VMA kecil) dan juga menghasilkan rongga antar campuran (*voids in mix* = VIM) yang kecil. Adanya beban lalu lintas yang menambah pemadatan lapisan mengakibatkan lapisan-lapisan aspal meleleh keluar yang dinamakan *bleeding*.

b. Durabilitas (daya tahan)

Durabilitas adalah ketahanan campuran aspal terhadap pengaruh cuaca, air, perubahan suhu, maupun keausan akibat gesekan roda kendaraan.

Diperlukan pada lapisan permukaan sehingga lapisan dapat mampu menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air dan perubahan suhu ataupun keausan akibat gesekan kendaraan.

Adapun faktor yang mempengaruhi durabilitas lapis aspal beton adalah :

- 1) Film aspal atau selimut aspal, film aspal yang tebal dapat menghasilkan lapis aspal beton yang berdurabilitas tinggi, tetapi kemungkinan terjadinya *bleeding* ikut menjadi tinggi.
- 2) VIM kecil, sehingga lapis kedap air dan udara tidak masuk kedalam campuran yang menyebabkan terjadinya oksidasi dan aspal menjadi rapuh/getas.
- 3) VMA besar, sehingga film aspal dapat dibuat tebal. Jika VMA dan VIM kecil serta kadar aspal tinggi kemungkinan terjadinya *bleeding* besar. Untuk mencapai VMA yang besar ini dipergunakan agregat bergradasi senjang.
- 4) Besarnya pori yang tersisa dalam campuran beton aspal setelah pemadatan, mengakibatkan durabilitas beton aspal menurun.

c. Fleksibilitas (kelenturan)

Fleksibilitas pada lapisan perkerasan adalah kemampuan lapisan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume. Fleksibilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan :

- 1) Penggunaan agregat bergradasi senjang sehingga diperoleh VMA yang besar.
- 2) Penggunaan aspal lunak (aspal dengan penetrasi yang tinggi).
- 3) Penggunaan aspal yang cukup banyak sehingga diperoleh VIM yang kecil.

Fleksibilitas suatu campuran perkerasan menunjukkan kemampuan untuk menahan lendutan dan tekukan misalnya dalam menyesuaikan diri terhadap perubahan kecil dari lapisan di bawahnya terutama tanah dasarnya

(*subgrade*), tanpa mengalami keretakan. Untuk meningkatkan kelenturan, pemakaian agregat dengan gradasi terbuka sangat sesuai, tetapi dengan pemakaian tersebut akan didapatkan nilai stabilitas yang tidak sebaik bila menggunakan gradasi rapat. Sifat aspal terutama daktilitasnya sangat menentukan kelenturan perkerasan. Aspal yang mempunyai daktilitas rendah, maka dalam perkerasan akan menghasilkan suatu perkerasan yang nilai fleksibilitasnya rendah sedangkan jika aspal mempunyai daktilitas yang sesuai maka nilai fleksibilitasnya akan baik.

d. *Skid resistance* (tahanan geser/kekesatan)

Tahanan geser adalah kekesatan yang diberikan oleh perkerasan sehingga kendaraan tidak mengalami slip baik di waktu hujan atau basah maupun di waktu kering. Kekesatan dinyatakan dengan koefisien geser antara permukaan jalan dan ban.

Tahanan geser bernilai tinggi jika :

- 1) Penggunaan kadar aspal yang tepat sehingga tak terjadi *bleeding*.
- 2) Penggunaan agregat dengan permukaan kasar.
- 3) Penggunaan agregat berbentuk kubus.
- 4) Penggunaan agregat kasar yang cukup.

e. Ketahanan leleh (*fatigue resistance*)

Ketahanan leleh adalah ketahanan dari lapis aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan yang berupa alur (*ruting*) dan retak. Ketahanan leleh tergantung dengan besarnya nilai VIM, yaitu :

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

f. Kemudahan pelaksanaan (*workabilitas*)

Yang dimaksud dengan kemudahan pelaksanaan adalah mudahnya suatu campuran untuk dihampar dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang diharapkan. Hal itu berdasarkan pada :

- 1) Gradasi agregat, agregat bergradasi baik lebih mudah dilaksanakan dari pada agregat bergradasi lain.
- 2) Temperatur campuran, yang ikut mempengaruhi kekerasan bahan pengikat yang bersifat termoplastis.
- 3) Kandungan bahan pengisi (*filler*) yang tinggi menyebabkan pelaksanaan lebih sukar.

g. Kedap air (*impremeabilitas*)

Kedap air adalah kemampuan beton aspal untuk tidak dimasuki air ataupun udara ke dalam lapisan beton aspal. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal, dan pengelupasan film/selimut aspal dari permukaan agregat. Jumlah pori yang tersisa setelah pemadatan aspal menjadi indikator kedap air campuran. Tingkat *impremeabilitas* beton aspal berbanding terbalik dengan tingkat *durabilitasnya*.

2.5 Pengertian *Marshall Test*

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *Marshall*. Pengujian *Marshall* bertujuan untuk mengukur daya tahan (*stabilitas*) campuran agregat dan aspal terhadap kelelahan plastis (*flow*). *Flow* didefinisikan sebagai perubahan deformasi atau regangan suatu campuran mulai dari tanpa beban, sampai beban maksimum dan dinyatakan dalam milimeter.

Konsep *Marshall Test* dikembangkan oleh *Bruce Marshall*, seorang insinyur perkerasan pada *Mississippi State Highway*. Pada tahun 1948 *US Cops of Engineering* meningkatkan dan menambah beberapa kriteria pada prosedur tesnya, terutama kriteria rancangan campuran. Sejak itu tes ini

banyak diadopsi oleh berbagai organisasi dan pemerintahan di banyak negara, dengan beberapa modifikasi prosedur ataupun interpretasi terhadap hasilnya.

Parameter penting yang ditentukan pengujian ini adalah beban maksimum yang dapat dipikul briket sampel sebelum hancur atau *Marshall Stability* dan jumlah akumulasi deformasi sampel sebelum hancur yang disebut *Marshall Flow* dan juga turunan dari keduanya yang merupakan perbandingan antara *Marshall Stability* dan *Marshall Flow* disebut *Marshall Quotient*, yang merupakan nilai kekakuan berkembang (*pseudo stiffness*), yang menunjukkan ketahanan campuran terhadap deformasi permanen (*Shell Bituman*, 1990). Parameter lain yang penting adalah analisis void yang terdiri dari *Void In the Mix* (VIM), *Void in Material Aggregate* (VMA), *Void Filled with Asphalt* (VFA) yang ditentukan pada kondisi standar (2x75).

2.6 Parameter Marshall Test

Sifat-sifat campuran aspal beton dapat dilihat dari parameter-parameter pengujian *marshall* antara lain :

a. Rongga antar agregat (VMA)

Rongga antar agregat (VMA) adalah ruang rongga diantara partikel agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). Perhitungan VMA terhadap campuran adalah dengan rumus berikut :

$$VMA = 100 - \frac{(100-B) \times G}{B_j \text{ Bulk Agg}} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

VMA = Rongga dalam agregat mineral (persen volume curah).

B = % aspal terhadap campuran.

G = Berat isi campuran.

b. Rongga udara (VIM)

Rongga udara dalam campuran (Va) atau VIM dalam campuran perkerasan beraspal terdiri atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal. Volume rongga udara dalam campuran dapat ditentukan dengan rumus berikut :

$$VIM = 100 - \frac{(100 \times G)}{H} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

VIM = Rongga udara dalam campuran padat, persen dari total volume.

G = Berat isi campuran.

H = Berat jenis curah campuran padat.

c. Rongga terisi aspal (VFA)

Rongga terisi aspal (VFA) adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat (VMA) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Rumus adalah sebagai berikut :

$$VFA = 100 \times \frac{VMA - VIM}{VMA} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

VFA = Rongga udara yang terisi aspal, prosentase dari VMA (%).

VIM = Rongga udara pada campuran setelah pemadatan (%).

VMA = Rongga udara pada mineral agregat, prosentase dari volume total (%).

d. Stabilitas *marshall*

Nilai stabilitas diperoleh berdasarkan nilai masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial. Stabilitas merupakan parameter yang menunjukkan batas maksimum beban yang dapat diterima oleh suatu campuran beraspal saat terjadi keruntuhan yang dinyatakan dalam kilogram.

Nilai stabilitas yang terlalu tinggi akan menghasilkan perkerasan yang terlalu kaku sehingga tingkat keawetannya berkurang.

e. Kelelehan (*flow*)

Seperti halnya cara memperoleh nilai stabilitas, nilai *flow* merupakan nilai dari masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial. Hanya saja jarum dial *flow* biasanya dalam satuan mm (millimeter). Suatu campuran yang memiliki kelelehan yang rendah akan lebih kaku dan kecenderungan untuk mengalami retak dini pada usia pelayanannya.

f. Hasil bagi *marshall* (*Marshall Quotient*)

Hasil bagi *marshall* merupakan hasil bagi stabilitas dengan kelelehan. Semakin tinggi nilai MQ, maka kemungkinan akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan campuran tersebut terhadap keretakan.

$$\text{Marshall Quotient} = \frac{\text{Stabilitas}}{\text{Flow}} \dots\dots\dots (2.4)$$

2.7 Penelitian Terkait

Beberapa penelitian berikut ini adalah sebagai acuan bagi peneliti yang mempunyai kesinambungan terhadap penelitian yang dilakukan, antara lain :

- a. M. Zainul Arifin, Achmad Wicaksono dan Ken Pawestri (2008), meneliti tentang pengaruh penurunan suhu (dengan dan tanpa pemanasan ulang) terhadap parameter *marshall* campuran aspal beton. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penurunan suhu (dengan dan tanpa pemanasan ulang) terhadap karakteristik campuran meliputi nilai VIM, VMA, Stabilitas, *Flow* dan *Marshall Quotient* pada campuran LASTON. Berdasarkan penelitian ini terlihat bahwa campuran yang dipanaskan ulang mempunyai nilai stabilitas yang lebih besar daripada campuran yang tidak dipanaskan ulang.

- b. Anas Tahir dan Arief Setiawan (2009) meneliti tentang kinerja durabilitas campuran beton aspal ditinjau dari faktor variasi suhu pemadatan dan lama perendaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja durabilitas campuran beton aspal dengan melakukan modifikasi rendaman *Marshall* dan variasi suhu pemadatan. Modifikasi rendaman *Marshall* yang dilakukan adalah 1, 2, 4, 6 dan 8 hari serta variasi suhu pemadatan dimulai dari 90°C, 100°C, 110°C, 120°C dan 130°C.

Kesimpulan penelitian ini menyatakan bahwa durabilitas campuran beton aspal masih memenuhi persyaratan Bina Marga yaitu nilai IKS lebih besar 75%. Durabilitas tertinggi dicapai pada suhu pemadatan 120°C dengan lama rendaman satu hari. Nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) menurun dengan meningkatnya durasi rendaman. Indeks Durabilitas Pertama (IDP) umumnya mengalami kehilangan kekuatan, kecuali pada rendaman 4 hari mengalami peningkatan kekuatan. Indeks Penurunan Stabilitas tertinggi terjadi pada suhu pemadatan 120°C. Indeks Durabilitas Kedua (IDK) pada berbagai suhu pemadatan dan variasi rendaman umumnya mengalami kehilangan kekuatan kecuali pada variasi rendaman 4 hari justru terjadi penambahan kekuatan sebesar 3,4% atau naik sekitar 56,57 kg.

- c. Jurnal Teknik Sipil Universitas Tanjungpura (2012), mengangkat masalah tentang pengaruh suhu pemadatan pada lapisan Lataston (HRS-WC) yang menggunakan bahan pengikat *Retona Blend 55*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana dampak yang terjadi terhadap lapisan perkerasan Lataston (HRS-WC) akibat perubahan suhu pada saat campuran aspal dipadatkan.

Suhu pemadatan yang ditinjau yaitu mulai dari 125 - 145°C. Dari hasil pengujian analisis parameter *Marshall* terhadap variasi kadar aspal yang digunakan, diperoleh kadar aspal optimum campuran HRS-WC *Retona Blend 55* adalah sebesar 6,5%. Dari hasil penelitian khusus

untuk Lataston (HRS-WC) diketahui bahwa dengan suhu pemadatan yang standar diperoleh nilai stabilitas yang baik. Demikian juga halnya dengan nilai VIMnya juga memenuhi syarat yang diizinkan Bina Marga. Dengan demikian, berarti stabilitas terpenuhi, rongga dalam campuran semakin kecil. Ini berarti penggunaan *Retona Blend 55* terbukti mampu meningkatkan nilai ketahanan/keawetan pada campuran aspal panas jenis perkerasan Lataston (HRS-WC). Dapat disimpulkan untuk merekomendasi bahwa penggunaan Aspal *Retona Blend 55* khususnya pada campuran perkerasan Lataston (HRS-WC) layak untuk dipertimbangkan sebagai alternatif pengganti Aspal pen 60/70 yang mulai langka di pasaran.

- d. Albertus Wahyu Anindityo (2011), dalam penelitian analisa pengaruh variasi temperatur pada proses pemadatan campuran aspal beton. Maksud penelitian ini adalah untuk mengetahui sampai sejauh mana pengaruh variasi temperatur pemadatan yaitu: 90°C, 100°C, 110°C, dan 120°C pada proses pemadatan dengan variasi jumlah tumbukan yaitu: 2x75 dan 2x90 tumbukan, serta variasi gradasi agregat dengan bahan ikat *Asphalt Shell* Penetrasi 60/70.
Berdasarkan hasil yang diperoleh, nilai VMA maupun VIM cenderung menurun seiring bertambahnya temperatur pemadatan, sedangkan nilai stabilitas, *flow*, dan *Marshall Quotient* meningkat seiring bertambahnya temperatur pemadatan. Untuk nilai deformasi, campuran dengan gradasi menerus cenderung tinggi pada temperatur antara 1100°C dan 1200°C, sedangkan pada campuran dengan gradasi senjang, nilai deformasi tertinggi diperoleh pada temperatur 90°C.
- e. Darta Suhendra (2014), dalam penelitian tentang pengaruh variasi temperatur pada proses pencampuran terhadap campuran aspal panas (*asphalt hotmix*). Dari hasil percobaan yang dilakukan bahwa nilai kadar aspal yang digunakan adalah untuk batas tengah menggunakan

kadar aspal 6,75% dan batas bawah 7,1%, setelah itu dilakukan pencampuran variasi suhu dari 120°C - 180°C.

Untuk campuran Laston AC-WC gradasi kasar batas tengah dengan kadar aspal 6,75% temperatur yang memenuhi syarat adalah pada suhu 150°C dengan nilai rongga dalam campuran (VIM) sebesar 3,55%, nilai stabilitas sebesar 1189,75 kg serta nilai MQ sebesar 280,34 kg/mm. Pada suhu 160°C dengan nilai VIM sebesar 3,65%, nilai stabilitas sebesar 1247,31 kg serta nilai MQ sebesar 383,66 kg/mm. Sedangkan pada batas bawah dengan kadar aspal 7,1 % temperatur pencampuran tidak ada yang memenuhi syarat, dikarenakan nilai MQ dibawah nilai minimum yaitu 250 kg/mm.