

PERUBAHAN PARAMETER MARSHALL AKIBAT PERBEDAAN JUMLAH TUMBUKAN PADA ASPHALT CONCRETE-BINDER COARSE (AC-BC) GRADASI KASAR

Leni Sriharyani¹, Ahmad Tholib²

Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Metro Lampung
Jl.Ki Hajar Dewantara No.166 Kota Metro Lampung 34111, Indonesia
E-mail : lenisriharyani@yahoo.co.id¹, ahmadtholib00@gmail.com²

ABSTRAK

Prasarana transportasi berupa jalan merupakan salah satu unsur pengembangan wilayah yang mengalami pengembangan yang sangat pesat. Guna menghasilkan kondisi jalan seperti yang diharapkan, maka diperlukan bahan – bahan pembentuk jalan yang mempunyai mutu yang baik. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kesesuaian pelaksanaan pekerjaan lapis pengikat perkerasan jalan di Jalan Hajimena- Bandar Lampung terhadap JMF (*Job Mix Formula*) dan standar yang digunakan yaitu SNI, dengan melakukan pengujian Ekstraksi dan Marshall pada campuran aspal beton AC-BC yang merupakan lapisan pengikat perkerasan. Penelitian ini menggunakan sampel hasil *Core Drill*, Variasi Jumlah Tumbukan AC-BC aspal. Hasil penelitian uji *Marshall Stabiliti* pada hasil *Core Drill* 1439,96kg, *Marshall Stabiliti* pada hasil beton aspal padat 1412,88 kg, *Marshall Quotient* pada hasil *Core Drill* sebesar 362,72 kg/mm, pada hasil beton aspal padat sebesar 368,68 kg/mm, kadar Aspal Beton Padat AC-BC , 5,6%. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa hasil pengujian pada *core drill* AC-BC yang merupakan lapis pengikat perkerasan jalan pada Jalan Hajimena- Bandar Lampung memenuhi standar JMF.

Kata Kunci : JMF, *Marshall*, Variasi Tumbukan Aspal AC-BC

PENDAHULUAN

Masalah transportasi saat ini merupakan masalah yang sering dihadapi oleh berbagai negara, baik negara yang sudah maju maupun negara yang berkembang seperti Indonesia, maka setiap negara ingin menciptakan transportasi yang dapat menjamin pergerakan manusia atau barang secara lancar, aman, teratur, mudah, cepat dan nyaman.

Kondisi lapis perkerasan jalan yang ada di Indonesia pada umumnya mengalami kerusakan sebelum mencapai umur rencana. Ada beberapa faktor yang bisa mempengaruhi kinerja perkerasan jalan, antara lain proses

pengerjaan, mutu material, beban lalu lintas dan kondisi lingkungan. Dalam proses pengerjaan hal yang paling penting untuk diperhatikan adalah faktor suhu dan pemadatan. evaluasi terhadap pemadatan sangat diperlukan untuk mengetahui keawetan dan kekuatan lapis perkerasan, untuk mendapat hasil lapis perkerasan yang kuat dan awet diperlukan analisa perencanaan jumlah tumbukan efektif yang digunakan pada pelaksanaan perkerasan jalan raya. Pemadatan yang berlebih akan membuat lapisan perkerasan yang terlalu padat dan bersifat plastis sehingga rentan terjadi retak jika beban kendaraan yang melalui lapis perkerasan terlalu besar

selain itu akibat pemadatan yang berlebih maka akan terjadi *bleading* yaitu naiknya aspal kepermukaan yang mengakibatkan aspal menjadi licin dan pada temperatur tinggi aspal menjadi lunak dan terjadi jejak roda. Sedangkan kurangnya jumlah pemadatan akan membuat banyaknya rongga didalam campuran lapis perkerasan dan campuran lebih bersifat elastis sehingga air mudah masuk kedalam lapis perkerasan kemudian aspal mudah mengelupas dan akan menimbulkan dampak perubahan bentuk dan membentuk gelombang dan alur akibat beban roda kendaraan yang melintas.

Perencanaan *Marshall* tersebut menetapkan untuk kondisi lalu lintas berat pemadatan benda uji sebanyak 2 x 75 tumbukan dengan batas rongga campuran antara 3,5 - 5,5 %. Lapisan aspal memiliki karakteristik campuran yaitu *stability*, *durabilitas*, *fleksibilitas*, tahanan geser (*skid resistance*), kedap air, kemudahan pekerjaan (*workability*), ketahanan kelelahan (*fatigue resistance*). Dalam pencampuran, jumlah tumbukan aspal sangat berpengaruh terhadap karakteristik lapisan aspal, campuran beraspal panas untuk perkerasan lentur di rancang menggunakan metode Marshall. Oleh karena itu untuk mengetahui hal tersebut maka dilakukan penelitian uji pengaruh variasi jumlah tumbukan yang berada pada batas antara batas bawah dan atas, sedangkan terhadap lapis aspal beton yang diteliti adalah *Asphalt Concrete-Binder Coarse (AC-BC)* menggunakan aspal keras *Retona*.

TINJAUAN PUSTAKA

Pemadatan

Pemadatan adalah proses yang mana partikel-partikel solid dirapatkan secara mekanis sehingga volume rongga dalam campuran mengecil dan

kepadatan campuran meningkat dan mengatur distribusi partikel agregat dalam campuran sehingga menghasilkan konfigurasi agregat optimum dalam mencapai kepadatan yang ditargetkan dan metode Marshall adalah metode digunakan untuk menguji parameter yang diperlukan.

Pada perencanaan dengan metode Marshall, menganalisa jumlah tumbukan di laboratorium dengan pemadatan lapangan, mengetahui tentang kadar Aspal, Agregat Halus dan Agregat Kasar. Pada perencanaan Marshall konvensional, yang menggunakan agregat berukuran maksimum 25,4 mm, maka jumlah tumbukan 2 x 50 disyaratkan untuk Latisir, namun untuk campuran lainnya diharuskan dengan 2 x 75 tumbukan. Untuk agregat berukuran maksimum lebih dari 25,4 mm digunakan peralatan Marshall modifikasi dengan cetakan berdiameter 152,4mm, berat palu penumbuk 10,2 kg dan jumlah tumbukan 2 x 112. Untuk kondisi lalu lintas berat perencanaan metoda *Marshall* menetapkan pemadatan benda uji sebanyak 2 x 75 tumbukan dengan batas rongga campuran (VIM) antara 3,5% sampai 5%, hasil pengujian pengendalian mutu menunjukkan bahwa kesesuaian parameter kontrol dilapangan sering kali tidak memenuhi untuk mencapai persyaratan dan spesifikasi.

Oleh karena itu perlu dilakukan analisa lebih lanjut terhadap metoda tes *Marshall* dengan tumbukan 2x75 untuk melihat kesesuaian jumlah tumbukan yang paling efektif untuk memenuhi karakteristik marshall

Pengaruh Pemadatan Terhadap Campuran Aspal

Dalam pelaksanaan pekerjaan perkerasan jalan raya jumlah tumbukan dan pemadatan aspal sangat berpengaruh terhadap karakteristik

lapisan aspal. Campuran beraspal panas untuk perkerasan lentur di rancang menggunakan metode Marshall. Pematatan mempengaruhi kekuatan campuran aspal terutama dari nilai-nilai parameter *marshall* terutama stabilitas dan kadar plastis atau elastisnya suatu campuran, kedua parameter tersebut berpengaruh besar terhadap kekuatan dan keawetan suatu campuran aspal.

Stabilitas adalah maksimum beban yang dapat ditahan oleh campuran beraspal sampai terjadi runtuh tanpa terjadi perubahan bentuk. Pengaruh pematatan terhadap stabilitas dapat terlihat dimana semakin besar jumlah tumbukan yang diberikan maka semakin besar stabilitas yang terjadi hingga titik maksimal kemudian stabilitas turun. Hal ini disebabkan oleh peningkatan jumlah tumbukan yang mengakibatkan gesekan antar butir agregat (*interlocking*) dan rongga dalam campuran mengecil sehingga campuran menjadi padat dan nilai stabilitas meningkat hingga titik maksimum dan stabilitas turun ketika pematatan berlebih sehingga gesekan antar agregat membuat agregat hancur. Indeks plastisitas suatu campuran dipengaruhi salah satunya oleh jumlah tumbukan hal ini dikarenakan peningkatan jumlah tumbukan akan membuat kerapatan antar agregat dan aspal menjadi lebih rapat sehingga campuran menjadi lebih padat dan campuran akan cenderung bersifat plastis ketika jumlah tumbukan ditingkatkan.

Struktur Perkerasan Lentur Jalan Raya

Struktur perkerasan jalan terdiri atas tiga lapisan elemen perkerasan yang bekerja bersama-sama menahan beban lalu lintas. Struktur perkerasan jalan adalah campuran untuk perkerasan yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi (*filler*) dan aspal

dengan proporsi tertentu. Masing-masing elemen lapis perkerasan memiliki fungsi dan peranan sebagai berikut yaitu :

a. Lapis pondasi bawah (*Sub-Base Course*)

Yaitu lapis perkerasan yang terletak diantara lapisan tanah dasar dan lapisan pondasi atas yang berfungsi sebagai pondasi utama yang bertugas menahan gaya lintang akibat beban roda kemudian menyebarkan tegangan yang terjadi ketanah dasar.

b. Lapisan pondasi atas (*Base Course*)

Fungsi secara struktural yaitu sebagai bagian dari lapis perkerasan jalan yang umumnya bersifat tahan beban dan mampu menyebarkan beban roda kendaraan ke lapisan di bawahnya.

c. Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Adalah lapisan yang mengalami kontak langsung dengan beban dan lingkungan sekitar. Lapisan permukaan berada pada bagian paling atas lapis perkerasan dan memiliki fungsi sebagai berikut :

a. Lapis kedap air , sehingga air yang berada di atasnya tidak meresap kedalam Struktur lapisan dibawahnya sehingga tidak memperlemah lapisan struktur pondasi yang berada di bawah lapisan permukaan.

b. Lapis Aus, yaitu lapisan yang langsung menerima gesekan roda kendaraan sehingga faktor kenyamanan saat dilalui kendaraan sangat diperhatikan.

Material Konstruksi Perkerasan

Dalam pelaksanaan konstruksi perkerasan lapis aspal beton terdiri dari tiga komposisi utama yaitu, agregat yang terdiri dari agregat kasar dan agregat halus, *filler* dan bahan ikat berupa aspal.

a. Agregat

Agregat adalah Material perkerasan yang berbentuk butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya

berupa hasil alam atau buatan. Kadar agregat dalam campuran perkerasan jalan berkisar antara 90 – 95% dari berat total atau berkisar antara 75 – 95% dari volume total. Fungsi dari agregat dalam campuran aspal adalah sebagai kerangka yang memberikan stabilitas campuran jika dilakukan dengan alat pemadat yang tepat.

Dapat atau tidaknya suatu agregat digunakan pada konstruksi perkerasan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu gradasi, kekuatan, bentuk butir, tekstur permukaan, kelekatan terhadap aspal serta kebersihan dan sifat kimia. Jenis dan campuran agregat sangat mempengaruhi daya tahan atau stabilitas suatu perkerasan jalan. Berdasarkan ukuran butiran, agregat dapat dibedakan menjadi:

1. Agregat kasar

Agregat kasar terdiri dari batu pecah dan kerikil-kerikil. Batu pecah diperoleh dari pemecah batu, sedangkan kerikil merupakan disintegrasi dari batuan. Perbedaan mendasar antara kerikil (koral) dengan batu pecah (split) adalah dengan permukaan yang lebih kasar maka batu pecah lebih menjamin ikatan yang lebih kokoh dengan semen.

Sama halnya dengan agregat halus, agregat kasar harus memenuhi beberapa syarat, yaitu terdiri dari butir yang keras dan tidak berpori. Agregat jenis ini juga tidak boleh banyak mengandung lumpur dan kekerasan juga merupakan salah satu syaratnya. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya untuk memperoleh rongga-rongga seminimum mungkin. Pemakaian ukuran butiran ini juga tergantung dari dimensi penggunaan beton yang akan dibuat.

Untuk memisahkan agregat kasar dengan agregat halus dipakai saringan No.4. Material yang tertahan pada saringan tersebut merupakan agregat kasar. Ini dilakukan dengan

menggunakan satu set saringan yang digerakkan oleh motor (Sieve Shaker). Setelah perhitungan dilakukan maka dapat dibuat kurva distribusi ukuran atau kurva gradasi agregat halus (pasir).

Agregat kasar yaitu agregat yang diameternya lebih besar dari 4,75 mm menurut ASTM atau lebih besar dari 2 mm menurut AASHTO.

2. Agregat Halus

Agregat yang secara umum mempunyai ukuran antara 0,234 - 0,075 mm. Untuk agregat halus Campuran Aspal Panas juga mempunyai spesifikasi umum yang dapat digunakan untuk Aspal Beton, *Hot Rolled Sheet* dan *Split Mastik Asphalt*. Agregat Halus terdiri dari bahan-bahan yang berbidang kasar, bersudut tajam dan bersih dari kotoran-kotoran atau bahan-bahan lain yang tidak dikehendaki. Agregat bergradasi halus adalah agregat yang mempunyai butir yang berukuran dari yang kasar sampai yang halus tetapi agregat halusnya dominan. Agregat halus yaitu agregat yang ukurannya lebih kecil dari 4,75 mm menurut ASTM atau ukurannya berada di antara 0,075 mm sampai 2 mm menurut AASHTO. Agregat halus adalah material yang lolos saringan no.8 (2,36mm) dan tertahan saringan no. 200 (0.075 mm). Agregat dapat meningkatkan stabilitas campuran dengan ikatan yang baik terhadap campuran aspal. Bahan ini dapat terdiri dari butir-butiran batu pecah atau pasir alam atau campuran dari keduanya.

b. Bahan Pengisi (*Filler*)

Filler ialah bahan pengisi rongga dalam campuran (*void in mix*) yang berbutir halus yang lolos saringan No. 30 dimana persentase berat yang lolos saringan No. 200 minimum 65% (SKBI-2.4.26.1987). Sebagai *filler* dapat dipergunakan debu batu kapur, debu dolomits atau semen portland. Fungsi *filler* pada perkerasan ialah

untuk meningkatkan stabilitas dan mengurangi rongga udara dalam campuran. Bahan pengisi (*filler*) merupakan bahan yang 75% lolos ayakan no. 200, dapat terdiri dari abu batu, abu batu kapur, kapur padam, semen (PC) atau bahan non plastis lainnya. Bahan pengisi harus kering dan bebas dari bahan lain yang mengganggu. *Filler* yang digunakan pada penelitian ini adalah *Portland cement*.

c. Aspal

Aspal adalah material utama pada konstruksi lapis permukaan lentur (*Flexible pavement*) jalan raya, yang berfungsi sebagai bahan pengikat karena mempunyai daya lekat yang kuat, mempunyai sifat adhesif, kedap air dan mudah dikerjakan. Aspal merupakan senyawa hidrokarbon berwarna coklat gelap atau hitam pekat yang dibentuk dari unsur-unsur *asphathenes*, *resins*, dan *oils*. Aspal pada lapis perkerasan berfungsi sebagai bahan ikat antara agregat untuk membentuk suatu campuran yang kompak, sehingga akan memberikan kekuatan masing-masing agregat. Jika temperatur mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (sifat termoplastis). Sebagai salah satu material konstruksi perkerasan lentur, aspal merupakan salah satu komponen kecil umumnya hanya 4 - 10 % berdasarkan berat atau 10 - 15 % berdasarkan volume. Jenis-jenis aspal buatan hasil penyulingan minyak bumi terdiri dari:

a. Aspal keras (*Asphalt Cement*)

Aspal Keras/ Aspal Panas/ Aspal Semen (*Asphalt Cement*), merupakan aspal yang digunakan dalam keadaan panas. Aspal ini berbentuk padat pada keadaan penyimpanan dalam temperatur ruang (250-300C). Merupakan jenis aspal buatan yang langsung diperoleh dari penyaringan minyak dan merupakan aspal yang terkeras. Berdasarkan tingkat

kekerasan/kekentalannya, maka aspal dibedakan menjadi :

- 1) AC 40-50
- 2) AC 60-70
- 3) AC 85-100
- 4) AC 120-150
- 5) AC 200-300

Angka-angka tersebut menunjukkan kekerasan aspal, yaitu yang paling keras adalah AC 40-50 dan yang terluak adalah AC 200-300. Angka kekerasan adalah berapa dalam masuknya jarum penetrasi ke dalam contoh aspal. Aspal dengan penetrasi rendah digunakan di daerah bercuaca panas atau lalu lintas dengan volume tinggi, sedangkan aspal dengan penetrasi tinggi digunakan untuk daerah bercuaca dingin atau lalu lintas dengan volume rendah. Di Indonesia pada umumnya dipergunakan aspal dengan penetrasi 60-70 dan 80-100.

b. Aspal cair (*Cut Back Asphalt*)

Aspal cair adalah Aspal cair adalah aspal keras yang dicampur dengan pelarut. Jenis aspal cair tergantung dari jenis pengencer yang digunakan untuk mencampur aspal keras tersebut. campuran antara aspal semen dengan bahan pencair dari hasil penyulingan minyak bumi. Aspal cair bukan merupakan produksi langsung dari penyaringan minyak kasar (*crude oil*), melainkan produksi tambahan, karena harus melalui proses lanjutan terlebih dahulu. Dengan demikian *cut back asphalt* berbentuk cair dalam temperatur ruang. Aspal cair digunakan untuk keperluan lapis resap pengikat (*prime coat*).

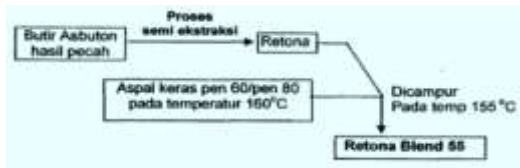
c. Aspal emulsi

Aspal emulsi merupakan aspal cair yang lebih cair dari aspal cair pada umumnya dan mempunyai sifat dapat menembus pori-pori halus dalam batuan yang tidak dapat dilalui oleh aspal cair biasa. Aspal emulsi terdiri dari butir-butir aspal halus dalam air yang diberikan muatan listrik sehingga

butir-butir aspal tersebut tidak bersatu dan tetap berada pada jarak yang sama.

d. Aspal Retona

Aspal Retona merupakan gabungan antara asbuton butir yang telah di ekstraksi sebagai dengan aspal keras pen 60 atau pen 80 yang pembuatannya secara fabrikasi dengan proses seperti diperlihatkan pada bagan alir pada gambar 1.



Gambar 1. Proses pembuatan *aspal retona* secara fabrikasi

Gradasi Agregat

Gradasi agregat merupakan campuran dari berbagai diameter butiran agregat yang membentuk susunan campuran tertentu, ditentukan melalui analisis saringan butiran (*grain size analysis*) dengan menggunakan 1 set saringan dimana saringan paling kasar diletakkan paling atas dan saringan paling halus diletakkan paling bawah, dimulai dengan pan dan diakhiri dengan tutup.

Analisa Karakteristik Marshall

Setelah pengujian *Marshall* dilanjutkan dengan analisa data yang diperoleh. Analisa yang dilakukan adalah untuk mendapatkan nilai-nilai *Marshall* yang digunakan untuk mengetahui karakteristik campuran benda uji. Data yang diperoleh dari penelitian laboratorium adalah sebagai berikut:

- Berat kering/sebelum direndam (gram).
- Berat dalam keadaan SSD/jenuh (gram).
- Berat dalam air (gram).
- Pembacaan arloji stabilitas (lbs).
- Pembacaan arloji *flow* (mm).

Karakteristik campuran aspal beton yang dimaksud adalah volume benda

uji campuran setelah dipadatkan. Komponen campuran aspal secara volumetrik yaitu volume rongga diantara mineral agregat, Volume bulk campuran padat, Volume campuran padat tanpa rongga, Volume rongga terisi aspal, Volume rongga dalam campuran, dan Volume aspal yang diserap agregat. Perhitungan volume campuran beraspal dapat dihitung dengan menggunakan persamaan-persamaan sebagai berikut :

1. Berat Jenis

a. Berat Jenis Maksimum Campuran Dalam merencanakan campuran beraspal dimana berat jenis agregat diketahui, maka berat jenis maksimum campuran (*Gmm*) pada masing-masing kadar aspal diperlukan untuk menghitung kadar rongga masing-masing kadar aspal. Ketelitian hasil uji terbaik adalah bila kadar aspal campuran mendekati kadar aspal optimum. Demikian pula akan lebih baik dilakukan pengujian berat jenis maksimum dengan benda uji sebanyak dua buah atau tiga buah. Berat jenis maksimum campuran (*Gmm*) untuk masing-masing kadar aspal dapat dihitung dengan menggunakan berat jenis efektif (*Gse*) rata-rata sebagai berikut :

$$Gmm = \frac{Pmm}{\frac{Ps}{Gse} + \frac{Pb}{Gb}}$$

b. Berat Jenis Kering (*Bulk Specific Gravity*)

Agregat terdiri dari fraksi-fraksi : agregat kasar, agregat halus dan *filler*, dimana masing-masing mempunyai berat jenis yang berbeda satu sama lainnya, sehingga berat jenis kering (*bulk specific gravity*) dari total agregat dapat dihitung. Berat jenis bulk adalah perbandingan antara berat bahan di udara (termasuk rongga yang cukup kedap dan yang menyerap air) pada satuan volume dan suhu tertentu dengan berat air suling serta volume

yang sama pada suhu tertentu pula. Berat jenis bulk (Gsb) agregat total dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Gsb = \frac{P1 + P2 + P3 + \dots + Pn}{\frac{P1}{G1} + \frac{P2}{G2} + \frac{P3}{G3} + \dots + \frac{Pn}{Gn}}$$

c. Berat Jenis Efektif Agregat
(*Effective Specific Gravity*)

Berat jenis efektif adalah perbandingan antara berat bahan di udara (tidak termasuk rongga yang menyerap aspal) pada satuan volume dan suhu tertentu dengan berat air destilasi dengan volume yang sama dan suhu tertentu pula. Berat jenis maksimum campuran (Gmm) diukur dengan *AASHTO T-209-90*, maka berat jenis efektif campuran (Gse) termasuk rongga dalam partikel agregat yang menyerap aspal dapat ditentukan dengan rumus Persamaan:

$$Gse = \frac{Pmm - Pb}{\frac{Pmm}{Gmm} - \frac{Pb}{Gb}}$$

Kadar Aspal Efektif

Nilai kadar aspal efektif campuran beraspal yaitu penyerapan aspal oleh partikel agregat. Nilai penyerapan digunakan untuk menghitung kadar aspal total dikurangi jumlah aspal yang terserap oleh partikel agregat. Kadar aspal efektif ini akan menyelimuti permukaan agregat bagian luar yang pada akhirnya menentukan kinerja perkerasan aspal. Kadar aspal efektif ini dirumuskan sebagai berikut :

$$Pbe = Pb - \frac{Pba}{100} \times Ps$$

Rongga di Dalam Campuran /Void in Mix (VIM)

Void in Mix (VIM) merupakan persentase rongga yang terdapat dalam total campuran. Nilai *VIM* berpengaruh terhadap keawetan lapis perkerasan, semakin tinggi nilai *VIM* 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 sehingga menyebabkan lekatan antar butiran agregat berkurang sehingga terjadi pelepasan butiran (*revelling*) dan pengelupasan permukaan (*stripping*) pada lapis perkerasan.

Nilai *VIM* yang terlalu rendah akan menyebabkan *bleeding* karena suhu yang tinggi, maka viskositas aspal menurun sesuai sifat termoplastisnya. Pada saat itu apabila lapis perkerasan menerima beban lalu lintas maka aspal akan terdesak keluar permukaan karena tidak cukupnya rongga bagi aspal untuk melakukan penetrasi dalam lapis perkerasan. Nilai *VIM* yang lebih dari ketentuan akan mengakibatkan berkurangnya keawetan lapis perkerasan, karena rongga yang terlalu besar akan mudah terjadi oksidasi. Untuk campuran aspal *Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC)* hanya diperbolehkan 3,3%-5,0% kandungan volume udara yang ada. (Spesifikasi Bina Marga 2010).

Volume rongga udara dalam persen dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut.

$$VIM = \left(100 \times \frac{Gmm - Gmb}{Gmm} \right) \%$$

Voids in Mineral Agregat (VMA)

Void in Mineral Aggregate (VMA) adalah rongga udara antar butir agregat aspal padat, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif yang dinyatakan dalam persen terhadap total volume. Kuantitas 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 kekedapan campuran terhadap air dan udara serta sifat elastis campuran. Dapat juga dikatakan bahwa nilai *VMA* menentukan stabilitas, fleksibilitas dan durabilitas. Nilai *VMA* yang disyaratkan adalah minimum 15%. Untuk campuran aspal *Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC)* nilai kandungan volume udara yang ada hanya diperbolehkan 14%. (Spesifikasi Bina Marga 2010) *VMA* dihitung dengan menggunakan persamaan :

a. Terhadap Berat Campuran Total

$$VMA = \left(100 \times \frac{Gmb \times Ps}{Gsb} \right) \%$$

Keterangan :

VMA = Rongga udara pada mineral agregat, persen dari volume total

Gsb = Berat jenis bulk agregat

Gmb = Berat jenis bulk campuran padat

Ps = Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran

b. Terhadap Berat Agregat Total

$$VMA = \left(100 - \left[\frac{Gmb}{Gsb} \times \frac{100}{(100+Pb)} \times 100 \right] \right) \%$$

Keterangan :

VMA = Rongga udara pada mineral agregat, persen dari volume total

Gsb = Berat jenis bulk agregat

Gmb = Berat jenis bulk campuran padat

Pb = Kadar aspal persen terhadap berat total campuran

Void Filled with Asphalt(VFA)

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

tinggi nilai *VFA* berarti semakin banyak rongga dalam campuran yang terisi aspal sehingga kekedapan campuran terhadap air dan udara juga semakin tinggi, tetapi nilai *VFA* yang terlalu tinggi akan menyebabkan *bleeding*. Nilai *VFA* 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 ini menunjukkan persentase rongga campuran yang berisi aspal, nilainya akan naik berdasarkan naiknya kadar aspal sampai batas tertentu, yaitu pada saat rongga telah penuh. Artinya rongga dalam campuran telah terisi penuh oleh aspal, maka persen kadar aspal yang mengisi rongga adalah persen kadar aspal maksimum. Untuk campuran aspal *Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC)* hanya diperbolehkan 63% kandungan volume udara yang ada. (Spesifikasi Bina Marga 2010)

Nilai rongga terisi aspal (*VFA*) dapat ditentukan dengan persamaan :

$$VFA = \frac{100 (VMA - Va)}{VMA}$$

Keterangan :

VFA = Rongga terisi aspal, persen dari *VMA*

VMA = Rongga udara pada mineral agregat, persen dari volume total

Va = Rongga di dalam campuran, persen dari volume total campuran

Metode Marshall

Konsep dasar dari metoda *Marshall* dalam campuran aspal dikembangkan oleh *Bruce Marshall*, seorang insinyur bahan aspal bersama-sama dengan *The Mississippi State Highway Department*. Kemudian *The U.S. Army Corp of Engineers*, melanjutkan penelitian dengan intensif dan mempelajari hal-hal yang ada

kaitannya, selanjutnya meningkatkan dan menambah kelengkapan pada prosedur pengujian Marshall dan pada akhirnya mengembangkan kriteria rancangan campuran pengujiannya, kemudian distandarisasikan di dalam *American Society for Testing and Material* 1989 (ASTM d-1559).

Dua parameter penting yang ditentukan dalam pengujian tersebut, seperti beban maksimum yang dapat dipikul benda uji sebelum hancur atau *Marshall Stability* dan deformasi permanen dari sampel sebelum hancur, yang disebut *Marshall Flow*, serta turunan dari keduanya yang merupakan perbandingan antara *Marshall Stability* dengan *Marshall Flow* yang disebut dengan *Marshall Quotient*, yang merupakan nilai kekakuan berkembang (*speudo stiffness*), yang menunjukkan ketahanan campuran beraspal terhadap deformasi permanen. Pada sebagian besar agregat, daya ikat terhadap air jauh lebih besar jika dibandingkan terhadap aspal, karena air memiliki *wetting power* yang jauh lebih besar dari aspal. Keberadaan debu yang berlebihan pada agregat juga akan berakibat kegagalan pengikatan ataupun berakibat munculnya potensi kehilangan daya ikat campuran beraspal. Uji perendaman *Marshall* (*Marshall Immersion Test*) merupakan uji lanjutan dari uji *Marshall* sebelumnya, dengan maksud mengukur ketahanan daya ikat/adhesi campuran beraspal terhadap pengaruh air dan suhu (*water sensitivity and temperature susceptibility*). Ada beberapa cara yang digunakan untuk menilai tingkat durabilitas campuran beraspal, salah satunya adalah dengan mencari *Marshall Retained Strength Index* atau dengan cara lain yaitu dengan menghitung Indeks Penurunan Stabilitas. Perbedaan keduanya adalah dasar perbandingan dari variasi lamanya perendaman dalam alat

waterbath. Prosedur pengujian durabilitas mengikuti rujukan SNI M-58-2990. Alat *Marshall* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan cincin penguji (*proving ring*) berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs). *Proving ring* dilengkapi dengan arloji pengukur yang berguna untuk mengukur stabilitas campuran. Arloji kelelahan (*flow meter*) untuk mengukur kelelahan plastis (*flow*), benda uji *marshall standart* berbentuk silinder berdiameter 4 inchi (10,16 cm) dan tinggi 2,5 inchi (6,35 cm).

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini di laksanakan di Laboratorium PT. Tri Citra Perdana, dan lokasi pengambilan sampel *core drill* di jalan Hajimena Bandar Lampung.

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Bahan ikat

Bahan ikat yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis aspal *Retona*.

2. Agregat

a. Agregat kasar yang digunakan untuk membuat benda uji dalam penelitian ini berasal dari PT. Tri Citra Perdana, Lampung.

b. Agregat halus yang digunakan untuk membuat benda uji dalam penelitian ini berasal dari PT. Tri Citra Perdana, Lampung.

c. *Filler* atau material lolos saringan No. 200 yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Portland Cement*.

Peralatan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Alat uji pemeriksaan agregat

Alat uji pemeriksaan agregat yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

- a) Satu set saringan (*Sieve Analysis*)
- b) Alat Uji keausan agregat (*Los Angeles Tests Machine*)
- c) Alat uji berat jenis (*piknometer*, timbangan, pemanas)
- d) *Aggregate Impact Machine*
- e) *Aggregate Crushing Machine*
- f) Alat pengukur kepipihan (*Thickness Gauge*).

2. Alat uji pemeriksaan aspal

Alat uji pemeriksaan aspal yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

- a) Alat uji penetrasi
- b) Alat uji daktilitas
- c) Alat uji berat jenis (*piknometer*)
- d) Alat uji kehilangan berat (pemanas).

3. Alat uji karakteristik campuran beraspal

Alat uji karakteristik campuran beraspal yaitu menggunakan seperangkat alat dalam pengujian untuk metode *Marshall*, meliputi :

- a) Mold atau alat cetak benda uji berbentuk silinder dengan diameter 4 inci (10,16 cm) dan tinggi 2,5 inci (6,35 cm) lengkap dengan pelat dasar dan leher sambung.
- b) Alat penumbuk *Marshall* otomatis yang mempunyai permukaan rata berbentuk silinder dengan berat 4,536 kg dan tinggi jatuh 45,7 cm digunakan untuk pemadatan campuran.
- c) Ejektor untuk mengeluarkan benda uji dari cetakan setelah proses pemadatan.
- d) Bak perendam (*water bath*) yang dilengkapi pengatur suhu.
- e) Alat *Marshall* yang terdiri dari kepala penekan berbentuk lengkung, cincin penguji berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs) yang dilengkapi dengan arloji *flowmeter*.
- f) Alat-alat penunjang yang meliputi kompor, *thermometer*, *oven*, sendok pengaduk, sarung tangan anti panas, kain lap, panci pencampur, timbangan, dan jangka sorong.

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi pendahuluan
2. Persiapan
3. Peralatan pengujian:
4. Pengujian Bahan
 - a. Pengujian agregat
 - b. Pengujian aspal
5. Menentukan Fraksi Agregat
6. Pembuatan Benda Uji Campuran Beraspal
7. Uji *Marshall*

PEMBAHASAN DAN HASIL

Kadar Aspal Rencana

Kadar Aspal Rencana Perkiraan awal kadar aspal optimum dapat direncanakan setelah dilakukan pemilihan dan penggabungan pada tiga aksi agregat. Sedangkan perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$P_b = 0,35 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%Filler) + \text{Konstanta}$$

$$P_b = 0,35 * 67,63 + 0,045 * 27,60 + 0,18 * 4,77 + 0,85 = 5,60$$

Tabel 1. Beton Aspal Padat

Jenis Pengujian	Hasil Uji
Berat Jenis <i>Bulk</i> Agregat Campuran (Gsb)	2,56 gr/cm ³
Berat jenis efektif agregat (<i>Bulk</i> Efektif / Gse)	2,63 gr/cm ³
Berat Jenis Maksimum Campuran (Gmm)	2,40 gr/cm ³
Berat Jenis <i>Bulk</i> dengan Tumbukan 2 x 65	2,30 gr/cm ³
Berat Jenis <i>Bulk</i> dengan Tumbukan 2 x 75	2,29 gr/cm ³
Berat Jenis <i>Bulk</i> dengan Tumbukan 2 x 85	2,29 gr/cm ³
Kadar Aspal Yang Terabsorpsi (Pab)	1,08 %
Kadar Aspal Efektif Yang Menyelimuti Agregat (Pae)	4,58 %
Rongga Dalam Agregat (VMA) Tumbukan 2 x 65	15,61 %
Rongga Dalam Agregat (VMA) Tumbukan 2 x 75	15,98 %
Rongga Dalam Agregat (VMA) Tumbukan 2 x 85	16,23 %
Rongga Dalam Campuran	4,16 %

(VIM) Tumbukan 2 x 65	
Rongga Dalam Campuran (VIM) Tumbukan 2 x 75	4,60 %
Rongga Dalam Campuran (VIM) Tumbukan 2 x 85	4,47 %
Rongga Terisi Aspal (VFA) Tumbukan 2 x 65	73,39 %
Rongga Terisi Aspal (VFA) Tumbukan 2 x 75	71,39 %
Rongga Terisi Aspal (VFA) Tumbukan 2 x 85	72,60 %
Stabilitas Tumbukan 2 x 65	1380,88 kg
Stabilitas Tumbukan 2 x 75	1406,73 kg
Stabilitas Tumbukan 2 x 85	1451,03 kg
Marshall Quotient 2 x 65	374,89 kg/mm
Marshall Quotient 2 x 75	349,45 kg/mm
Marshall Quotient 2 x 85	350,70 kg/mm

Tabel 2. Volume *Bulk* (V_{Bulk}) *Core Drill*

Sta	Titik	Hasil Uji
0 + 150	I	704,40 cm ³
	II	470,30 cm ³
0 + 300	I	459,30 cm ³
	II	475,70 cm ³
0 + 450	I	467,30 cm ³
	II	532,90 cm ³
0 + 600	I	502,50 cm ³
	II	527,40 cm ³
0 + 750	I	518,00 cm ³
	II	525,20 cm ³

Tabel 3. Berat Jenis *Bulk* (Gmb) *Core Drill*

Sta	Titik	Hasil Uji
0 + 150	I	2,21 gr/cm ³
	II	2,20 gr/cm ³
0 + 300	I	2,21 gr/cm ³
	II	2,22 gr/cm ³
0 + 450	I	2,19 gr/cm ³
	II	2,17 gr/cm ³
0 + 600	I	2,19 gr/cm ³
	II	2,21 gr/cm ³
0 + 750	I	2,23 gr/cm ³
	II	2,19 gr/cm ³

Kadar Aspal Yang Terabsorsi (Pab)= 0,1 %

Tabel 4. Kadar Aspal Efektif Yang Menyelimuti Agregat (Pae) *Core Drill*

Sta	Titik	Hasil Uji
0 + 150	I	4,51 %
	II	4,61 %
0 + 300	I	4,54 %
	II	4,55 %
0 + 450	I	4,55%
	II	4,55%

0 + 600	I	4,55%
	II	4,58 %
0 + 750	I	4,58 %
	II	4,59 %

Tabel 5. Rongga Dalam Campuran (VIM) *Core Drill*

Sta	Titik	Hasil Uji
0 + 150	I	2,27 %
	II	1,35 %
0 + 300	I	2,06 %
	II	1,59 %
0 + 450	I	2,89 %
	II	3,63 %
0 + 600	I	3,01 %
	II	1,91 %
0 + 750	I	1,39 %
	II	2,78 %

Tabel 6. Rongga Dalam Agregat (VMA) *Core Drill*

Sta	Titik	Hasil Uji
0 + 150	I	13,76 %
	II	13,02 %
0 + 300	I	13,64 %
	II	13,41 %
0 + 450	I	14,48 %
	II	15,13 %
0 + 600	I	14,49 %
	II	13,59 %
0 + 750	I	13,12 %
	II	14,38 %

Tabel 7. Rongga Terisi Aspal (VFA) *Core Drill*

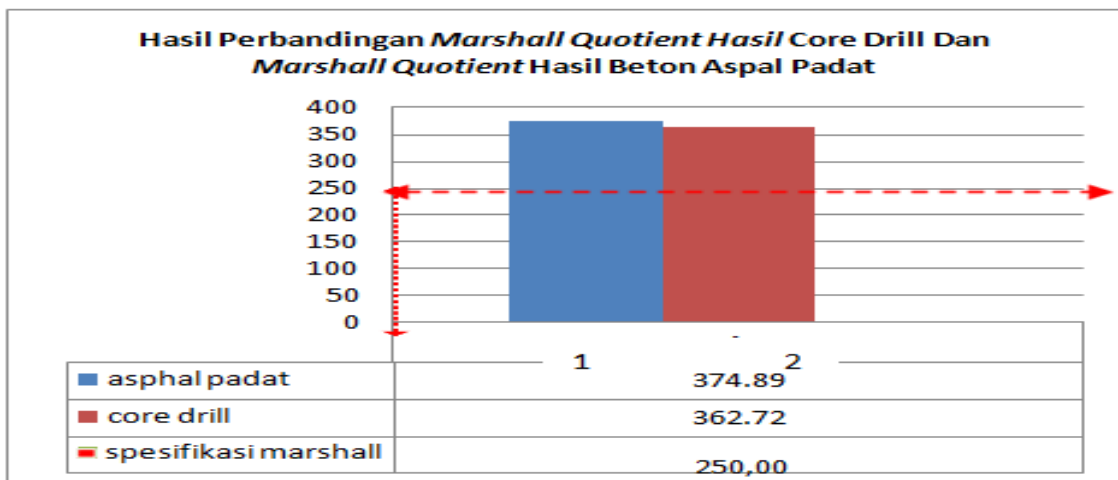
Sta	Titik	Hasil Uji
0 + 150	I	83,48 %
	II	89,66 %
0 + 300	I	84,86 %
	II	88,16 %
0 + 450	I	80,06 %
	II	76,02 %
0 + 600	I	79,24 %
	II	85,97 %
0 + 750	I	89,38 %
	II	80,66 %

Tabel 8. Stabilitas Hasil *Core Drill*

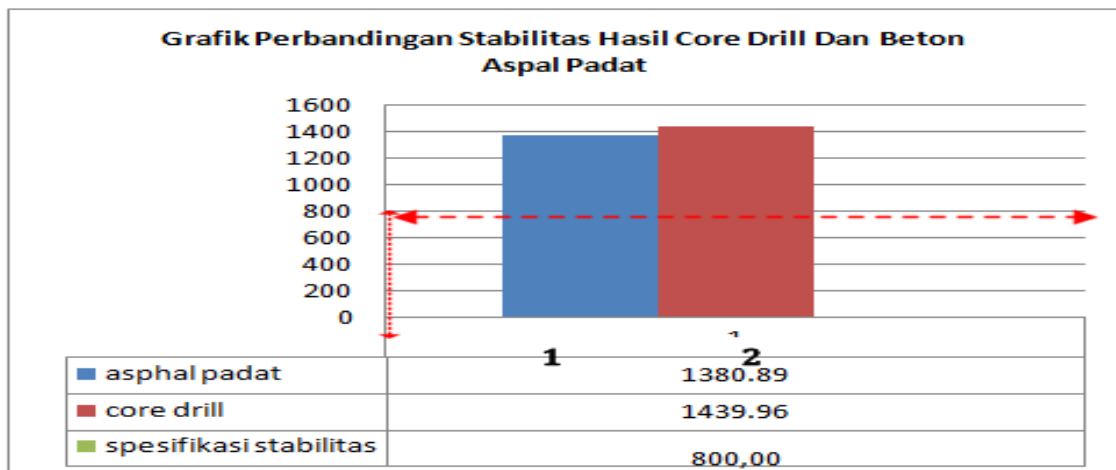
Sta	Titik	Hasil Uji
0 + 150	I	1403,04 kg
	II	1421,50 kg
0 + 300	I	1439,96 kg
	II	1439,96 kg
0 + 450	I	1421,50 kg
	II	1458,42 kg
0 + 600	I	1458,42 kg
	II	1421,50 kg
0 + 750	I	1476,88 kg
	II	1458,42 kg

Tabel 9. *Marshall Hasil Core Drill*

Sta	Titik	Hasil Uji
0 + 150	I	400,87
	II	kg/mm 338,45 kg/mm
0 + 300	I	399,99
	II	kg/mm 334,87 kg/mm
0 + 450	I	394,86
	II	kg/mm 355,71 kg/mm
0 + 600	I	355,71
	II	kg/mm 330,58 kg/mm
0 + 750	I	351,64
	II	kg/mm 364,60 kg/mm



Grafik 1. Perbandingan *Marshall Quotient Hasil Core Drill Dan Marshall Quotient Hasil Beton Aspal Padat*



Grafik 2. Perbandingan *Stabilitas Hasil Core Drill Dan Stabilitas Hasil Beton Aspal Padat*

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari pembuatan hasil sampel dengan variasi jumlah tumbukan dan hasil pengambilan sampel *Core Drill* di Jalan Haji-mena Bandar Lampung, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil penelitian bahwa pelaksanaan pekerjaan di lapangan dan pengendalian mutu yang dilakukan sudah sesuai dengan standar spesifikasi yang digunakan JMF (*Job Mix Formula*).
2. Seluruh hasil pengujian baik berat jenis *bulk*, ekstraksi, gradasi, dan stabilitas marshall guna mengetahui karakteristik aspal beton yang digunakan pada lapis permukaan perkerasan jalan pada Jalan Hajimena Bandar Lampung, diketahui bahwa masih sesuai mutunya lapisan permukaan perkerasan jalan tersebut terhadap JMF .
3. Dari hasil Pembuatan Sampel aspal padat dengan variasi jumlah tumbukan dengan kadar aspal 5,6% yang memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010, hasil kadar aspal *Core Drill* 5,45%. Hasil rata-rata *Marshall Quotient Core Drill* $MQ = 362,72$ kg/mm dan *Marshall Quotient* hasil aspal padat akibat variasi jumlah tumbukan 2×65 $MQ = 374,89$ kg/mm, Hasil Rata-rata *Stabilitas core drill* = 1439,96 kg/mm dan *Stabilitas* hasil aspal padat akibat variasi jumlah tumbukan 2×65 = 1380,88 kg/mm. Dapat disimpulkan bahwa nilai stabilitas hasil variasi jumlah tumbukan *Marshall* aspal dan nilai *Marshall* hasil *Core Drill* memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu nilai *Marshall Quotient* = 250,00 kg/mm dan nilai *stabilitas* = 800,00 kg/mm

Saran

Dari hasil penelitian yang dilakukan ada beberapa hal yang dapat disarankan, adalah sebagai berikut :

1. Dalam melakukan pembuatan benda uji marshall sebaiknya pada proses penimbangan aspal dan agregat harus lebih teliti hal ini dikarenakan dapat mempengaruhi nilai hasil pengujian marshall
2. Melihat hasil yang dicapai dalam penelitian ini, maka pentingnya peningkatan pengendalian mutu pada setiap pekerjaan konstruksi jalan raya sangatlah menunjang mutu suatu konstruksi perkerasan jalan untuk mencapai umur rencana suatu perkerasan jalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Karim Sarifudin, 2016, *Analisis Pengujian Gradasi Ekstraksi Campuran AC-BC Hasil Produksi AMP (Asphalt Mixing Plant)*, Universitas Muhammadiyah Metro
- Defrinawati Evi, *Analisis Karakteristik Campuran Aspal Beton (AC-WC) Dengan Uji Marshall*, Universitas Muhammadiyah Metro
- Kementrian Pekerjaan Umum Bina Marga, *Spesifikasi Umum 2010 Revisi 3*.
- Sukirman, S., 1992. *Aspal Sebagai Bahan Ikat Antara Agregat*. Jakarta, Universitas Pancasila.
- Sukirman, Silvia. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta: Granit.
- Widodo Apriyadi Dwi.,2012. *Pengaruh Penambahan Limbah Botol Plastik Polypropylene Terephlate (PET) Dalam Campuran Laston (AC-WC) Terhadap Parameter Marshall*. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. DIY
- Zulfiani AR.,2014. *Studi Karakteristik Campuran Aspal Beton (AC-WC) Terhadap Pengaruh Plastik Sebagai Bahan Substitusi Aspal*.Universitas Hasanudin. Makasar.