

**PENGARUH VARIASI KADAR AGREGAT KASAR
TERHADAP NILAI KARAKTERISTIK
CAMPURAN PANAS ASPAL AGREGAT (AC-BC)
DENGAN PENGUJIAN MARSHALL**

**Oleh :
M i s b a h
Dosen Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Padang**

Abstrak

Jalan adalah salah satu sarana transportasi yang digunakan masyarakat dalam meningkatkan kesejahteraan pada umumnya dan perekonomian khususnya. Biaya pembangunan dan perawatan jalan yang cukup besar, berakibat pembangunan jalan dititik beratkan pada peningkatan mutu jalan, baik dari segi biaya, metoda pelaksanaan maupun segi pemeliharaan sehingga diperoleh hasil maksimal dan jalan bisa bertahan lama. Sering ditemui perkerasan jalan yang sudah mengalami kerusakan sebelum umur rencana tercapai. Beberapa faktor penyebab kerusakan diantaranya : pemeliharaan jalan yang belum optimal, muatan kendaraan melebihi kapasitas muat kendaraan, pengaruh faktor aspal dan faktor gradasi agregat, serta pelaksanaan perkerasan yang tidak memenuhi persyaratan spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum.

Maka, perlu suatu metoda yang bisa dijadikan pedoman untuk mengetahui terjadinya penyimpangan pelaksanaan yang telah memenuhi persyaratan spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum. Salah satu metode adalah analisa pengaruh variasi kadar agregat kasar terhadap nilai karakteristik campuran Asphalt Concrete-Bearing Course (AC-BC). Lapisan perkerasan lentur Asphalt Concrete-Bearing Course (AC-BC) adalah lapisan perkerasan yang digunakan sebagai lapis permukaan atau lapis aus, untuk itu diperlukan kepadatan (density) yang memenuhi standar.

Dari hasil penelitian "Pengaruh Variasi Kadar Agregat Kasar terhadap Nilai Karakteristik Campuran Panas Aspal Agregat (AC-BC) dengan pengujian Marshall" didapatkan bahwa dengan menaikkan kadar agregat kasar hingga 130 % dan menurunkan kadar agregat kasar hingga 80 % dari kondisi normal (100 %), mengakibatkan nilai VFA dan Flow mengalami penurunan dari kondisi normal (100%) dan nilai VIM mengalami kenaikan dari kondisi normal (100%), hal ini mengakibatkan nilai karakteristik campuran Marshall tidak memenuhi spesifikasi campuran yang disyaratkan.

Kata Kunci : Variasi Agregat Kasar, Karakteristik Marshall

Abstract

The road is one of the means of transport used in improving the welfare of society in general and the economy in particular . The cost of construction and maintenance of roads are quite large, resulting in the construction of roads is focused on improving the quality of roads, both in terms of cost, in terms of the method of implementation and maintenance in order to obtain maximum results and can last a long road. Often encountered pavement already damaged before the age of plans is reached. Several factors cause damage include : maintenance of roads is not optimal, vehicle load exceeds the load capacity of the vehicle, the influence of asphalt and aggregate grading factors, as well as the implementation of the pavement that does not meet the requirements of the specification Ministry of Public Works.

So, need a method that can be used as guidelines to determine the deviation of the implementation meets the requirements specification Ministry of Public Works. One method is to analyze the influence of coarse aggregate content variation of the value of the characteristic mix - Bearing Course Asphalt Concrete (AC - BC). Flexible pavement layer - Bearing Course Asphalt Concrete (AC - BC) is used as a pavement surface layer or layers of wear, it is necessary for the density (density) which meet the standards .

From the results of the study "Effect of Coarse Aggregate Content Variation of the value of Hot Asphalt Aggregate Mixture Characteristics (AC - BC) with Marshall test" showed that by increasing the levels of coarse aggregate up to 130 % and lower levels of coarse aggregate up to 80 % of normal (100 %), resulting in the value of VFA and Flow decreased from normal conditions (100 %) and VIM value increased from the normal condition (100 %), this resulted in the value of the Marshall mix characteristics do not meet the required specifications mixture .

Keywords: Coarse Aggregate Variation , Marshall Characteristics

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Perencanaan dan Pembangunan jalan di Indonesia akhir-akhir ini sangat meningkat, mulai dari proyek pembangunan jalan baru sampai proyek peningkatan jalan. Perencanaan jalan dibuat untuk masa pelayanan yang disesuaikan dengan kondisi lalu lintas yang ada, namun sering ditemukan perkerasan jalan yang mengalami kerusakan sebelum umur rencana tercapai. Faktor penyebab terjadi kerusakan diantaranya pemeliharaan jalan yang belum optimal, muatan kendaraan berlebih serta pengaruh faktor aspal dan faktor gradasi.

Proses pembuatan campuran dilakukan dengan dua kondisi yaitu : pembuatan campuran dilaboratorium dan pembuatan campuran di AMP. Sebelum pembuatan campuran di AMP, sampel terlebih dahulu diuji di laboratorium dengan syarat material harus sesuai standar spesifikasi ideal.

Tinjauan Pustaka

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat, yang mengandung hydrocarbon. Menurut Asphalt Institute, MS-22 2001, sifat-sifat aspal yang dibutuhkan untuk perkerasan jalan adalah :

- Daya Tahan (Durabilitas)
- Adhesi dan Kohesi
- Kepekaan terhadap campuran
- Kekerasan aspal

Agregat atau batuan adalah kumpulan butir-butir mineral alam maupun buatan yang dapat berupa batu pecah, kerikil, pasir atau komposisi mineral lain.

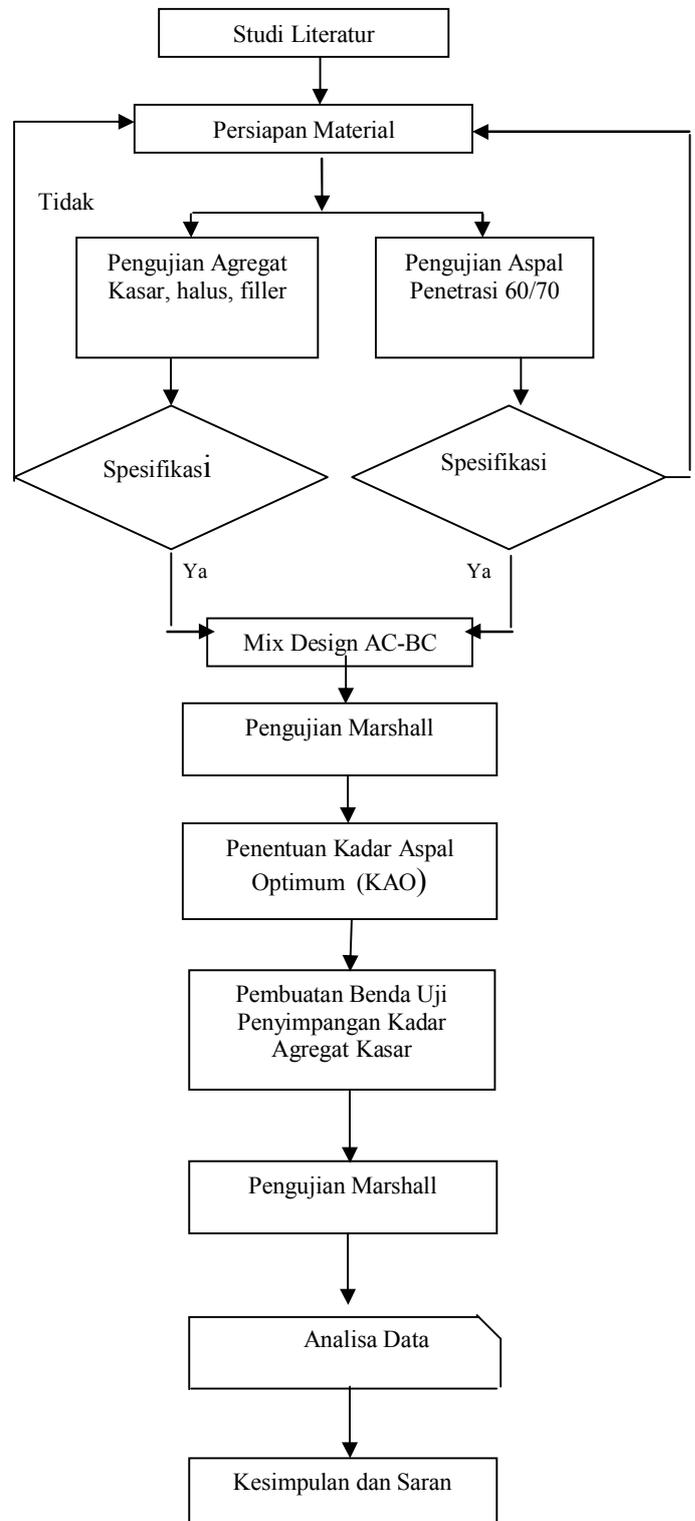
Agregat merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan (sekitar 90% - 95% berat atau 75% - 85% volume campuran).

Berdasarkan besar partikelnya agregat dibedakan menjadi agregat kasar dan agregat halus. Agregat kasar adalah batuan yang tertahan saringan no : 8 (2,38 mm) dan agregat halus adalah batuan yang lolos saringan no. 8 (2,38 mm) dan tertahan saringan no : 200 (0,075 mm).

Metodologi

Metoda pada penelitian ini berupa pembuatan dan pengujian sejumlah benda uji standar berbentuk tabung dengan diameter 102 mm (4 inch) dan tinggi 63,5 mm (2.5 inch). Pematatan dilakukan dengan penumbukan sebanyak 75 kali per bidang di Laboratorium Teknik Sipil Institut Teknologi

Padang dengan total benda uji 15 buah (terdapat 5 variasi dan tiap variasi terdiri dari tiga benda uji) dengan penambahan 10%, 20%, 30% dan pengurangan 10% dan 20% kadar agregat kasar.



Gambar. 1. Bagan Alir Penelitian

SHELL BITUMEN (1990) menyatakan bahwa campuran panas aspal agregat harus memiliki kemampuan untuk :

- Memiliki ketahanan terhadap deformasi permanen.
- Ketahanan terhadap retak lelah (fatigue)
- Mudah dikerjakan saat penghamparan sampai tingkatan yang memungkinkan.
- Bersifat kedap air untuk melindungi lapisan perkerasan dibawahnya terhadap pemasukan air dari luar yang bersifat merusak.
- Tahan lama dan mampu menahan abrasi oleh lalulintas, pengaruh air dan udara.
- Berperan dalam mendukung struktur perkerasan.
- Pemeliharaan mudah dan paling utama harganya murah.

Di dalam penelitian, pendekatan empiris yang dipakai yang sesuai dengan perhitungan Marshall adalah sebagai berikut :

- a) Berat jenis Bulk dari total agregat:

$$G_{sb} = \frac{P_1}{P_1/G_{sb}} + \frac{P_2}{P_2/G_{sb}} + \dots + \frac{P_n}{P_n/G_{sb}}$$

- b) Berat jenis Apparent dari total agregat

$$G_{sa} = \frac{P_1}{P_1/G_{sa_1}} + \frac{P_2}{P_2/G_{sa_1}} + \dots + \frac{P_n}{P_n/G_{sa}}$$

- c) Berat jenis efektif dari total agregat

$$G_{se} = \frac{G_{sb} + G_{sa}}{2}$$

- d) Isi Bulk dari campuran padat, cc

$$V_{bulk} = W_{ssd} - W_w$$

- e. VIM/Rongga didalam campuran (prosentase dari volume total)

$$VIM = 100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}}$$

- f. VMA/Rongga dalam agregat (prosentase dari volume total)

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb} - P_s}{G_{sb}}$$

- g. VFA/Rongga terisi aspal (prosentase dari VMA)

$$VFA = 100 \times \frac{VMA - VIM}{VMA}$$

- h. Penyerapan aspal

$$P_{ba} = 100 \times \frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{se} \times G_{sb}} \times G_{gb}$$

- i. Kadar aspal efektif dari total campuran

$$P_{be} = P_b - \frac{P_{ba}}{100} \times P_s$$

Dengan maksud,

P_1, P_2, \dots, P_n = prosentase berat agregat

$G_{sb}, G_{sb n}$ = berat jenis dari agregat

$G_{sa1}, G_{sa n}$ = berat jenis apparent dari agregat

G_{sa} = berat jenis apparent dari total agregat

G_{sb} = berat jenis bulk dari total agregat

V_{bulk} = volume bulk campuran dipadatkan

W_{ssd} = berat jenis kering permukaan

W_w = berat dalam air

G_{mb} = berat jenis bulk pada campuran padat

G_{mm} = berat jenis teoritis maksimum campuran padat

P_{mm} = prosentase berat dari total campuran lepas 100%

P_b = kadar aspal

G_b = berat jenis aspal

P_s = prosentase berat agregat VIM rongga dalam campuran

VIM = rongga dalam campuran

VFA = rongga udara terisi aspal

VMA = rongga udara dalam agregat

P_{ba} = penyerapan aspal, prosentase dari berat agregat

P_{be} = kadar aspal efektif, prosentase dari berat campuran

MS = Stabilitas Marshall, kg

MF = Marshall Flow (mm)

MSS = stabilitas Marshall pada kondisi standar (kg)

MSI = stabilitas Marshall pada kondisi perendaman (kg)

Pengujian Marshall

Pengujian Marshall adalah metode pengujian laboratorium untuk bahan dasar perkerasan yang meliputi pengujian karakteristik campuran dan perencanaan kadar aspal optimum. Pengujian ini menghasilkan sejumlah data Marshall properties dan terdiri dari *Stabilitas*, *Flow*, Rongga Antar Butir Agregat (*VMA*), Rongga dalam Campuran

(VIM), Rongga Terisi Aspal (VFA), dan Marshall Quotient (MQ).

Hasil

Hasil pemeriksaan yang telah dilakukan terhadap Agregat Kasar, berat jenis curah (bulk) sebesar : 2.472 gr/cc, berat jenis semu (Apparent) sebesar : 2.583 gr/cc dan penyerapan (Absorption) sebesar : 1.714 %.

Hasil pemeriksaan yang telah dilakukan terhadap Agregat Halus, berat jenis curah (bulk) sebesar : 2.507 gr/cc, berat jenis semu (Apparent) sebesar : 2.651 gr/cc dan penyerapan (Absorption) sebesar : 2.135 %.

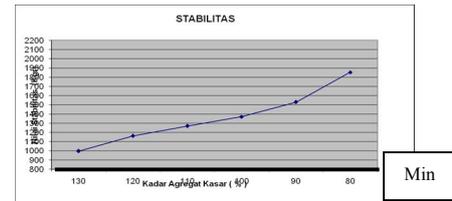
Hasil pemeriksaan yang telah dilakukan terhadap Filler, berat jenis curah (bulk) sebesar : 2.563 gr/cc, berat jenis semu (Apparent) sebesar : 2.724 gr/cc dan penyerapan (Absorption) sebesar : 2.271 %.

Pembahasan

Dari pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pembahasan tentang Marshall properties yang terdiri dari *Stabilitas*, *Flow*, Rongga Antar Butir Agregat (VMA), Rongga dalam Campuran (VIM), Rongga Terisi Aspal (VFA), dan Marshall Quotient (MQ).

Stabilitas

Stabilitas merupakan kemampuan lapis perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur (*rutting*), maupun mengalami bleeding, nilai stabilitas dipengaruhi oleh kohesi/penetrasi, kadar aspal, gesekan (*internal Friction*), sifat saling mengunci (*interlocking*) dari partikel-partikel agregat, bentuk, tekstur permukaan serta gradasi agregat. Nilai stabilitas yang terlalu tinggi menyebabkan campuran menjadi terlalu kaku, hal ini berakibat perkerasan mudah menjadi retak bila menerima beban, tapi bila nilai stabilitas yang terlalu rendah campuran aspal agregat akan mudah mengalami *rutting* oleh adanya beban lalu lintas. nilai stabilitas dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

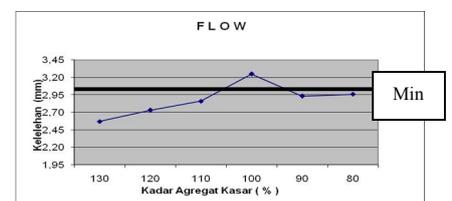


Gambar 1 : Hubungan Kadar Agregat Kasar dengan Stabilitas

Hasil pemeriksaan memperlihatkan meningkatkan kadar agregat kasar hingga 130% mengakibatkan nilai stabilitas menurun dari kondisi normal, tetapi nilai stabilitas masih berada diatas nilai minimal stabilitas. Hal ini disebabkan karena rongga yang terbentuk akibat peningkatan persentase agregat kasar masih terisi oleh aspal, sehingga ikatan antar butiran masih baik. Pada penurunan agregat kasar hingga 80 %, terjadi pengurangan agregat kasar, sehingga persentase agregat halus meningkat, berarti meningkat juga luas permukaan agregat. Peningkatan luas permukaan agregat tidak diiringi oleh peningkatan jumlah aspal, maka total aspal yang menyelimuti permukaan agregat semakin tipis dan cairan aspal semakin sulit terserap yang menyebabkan kekentalan aspal berkurang, dan aspal lebih cepat mengalami proses pendinginan sehingga ikatan aspal yang terjadi kurang baik. Dari kondisi diatas menunjukkan daerah tersebut memenuhi spesifikasi campuran Kementerian Pekerjaan Umum, yaitu diatas 800 Kg.

Flow

Flow (kelelahan) adalah deformasi vertikal yang terjadi mulai dari awal pembebanan sampai dengan kondisi stabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterimanya, pengujian dengan alat Marshall. *Flow* (kelelahan) merupakan besarnya perubahan bentuk plastis suatu benda uji campuran agregat yang terjadi akibat pembebanan yang dilakukan sampai batas keruntuhan, dinyatakan dalam panjang. nilai *Flow* dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

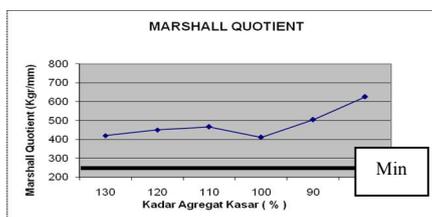


Gambar 2 : Hubungan Kadar Agregat Kasar dengan Flow

Hasil pemeriksaan memperlihatkan jika agregat kasar melebihi persentase normal 100%, nilai flow menurun. Hal ini disebabkan oleh kepadatan berpengaruh erat dengan rongga, jika rongga membesar maka kepadatan akan berkurang. Bertambahnya persentase agregat kasar, cenderung meningkatkan rongga menjadi lebih besar, karena banyak celah diantara agregat kasar tidak terisi sepenuhnya oleh agregat halus dan filler yang tersedia, sedangkan jika persentase agregat kasar kurang dari kondisi normal mengakibatkan permukaan material semakin luas, menyebabkan nilai flow cenderung menurun, kondisi ini mengakibatkan daerah tersebut tidak memenuhi spesifikasi campuran Departemen Pekerjaan Umum, yaitu min 3 mm.

Marshall Quotient

Marshall Quotient merupakan hasil bagi Marshall dengan *flow*. Nilai *flow* menggambarkan nilai *fleksibilitas* dari campuran. Semakin besar nilai MQ berarti campuran semakin kaku dan sebaliknya semakin kecil nilai MQ, maka campuran semakin lentur. Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil bagi Marshall yaitu nilai *stability* dan *flow*, penetrasi, viscositas aspal, kadar aspal campuran, bentuk dan tekstur permukaan agregat, gradasi agregat. nilai Marshall Quotient dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

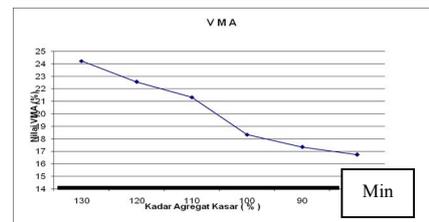


Gambar 3 : Hubungan Kadar Agregat Kasar dengan MQ
Hasil pemeriksaan memperlihatkan mengurangi kadar agregat kasar pada campuran hingga 80 % mengakibatkan nilai MQ mengalami kenaikan dari kondisi normal, tetapi nilai MQ masih berada diatas nilai minimal MQ. Hal ini disebabkan karena berkurangnya agregat kasar, maka persentase agregat halus meningkat, berarti meningkatkan luas permukaan agregat. Peningkatan luas permukaan agregat tidak diiringi oleh peningkatan jumlah aspal, maka total aspal yang menyelimuti agregat semakin sedikit dan cairan aspal semakin sulit terserap, yang menyebabkan kekentalan aspal berkurang dan aspal lebih cepat mengalami proses pendinginan, sedangkan menaikkan kadar agregat kasar hingga

130 % mengakibatkan nilai MQ menurun dari kondisi normal, tetapi nilai MQ masih berada diatas nilai minimal MQ. Hal ini disebabkan karena rongga yang terbentuk akibat peningkatan persentase agregat kasar semakin besar, sehingga ikatan antar butiran berkurang, yang berakibat kepada menurunkan nilai MQ. Kondisi diatas menunjukkan daerah tersebut masih memenuhi spesifikasi campuran Departemen Pekerjaan Umum, yaitu min 250 kg/mm.

Void in mineral aggregate (VMA)

Void in mineral agregat (VMA) merupakan rongga udara antar butiran agregat yaitu rongga udara yang ada diantara partikel campuran agregat aspa yang sudah dipadatkan termasuk ruang yang terisi aspal yang dinyatakan dalam persen terhadap total volume campuran aspal agregat, faktor-faktor yang mempengaruhi void in mineral aggregate antara lain gradasi agregat (komposisi campuran agregat dan ukuran diameter butir terbesar), energi pemadat, kadar aspal dan bentuk butiran. nilai VMA dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

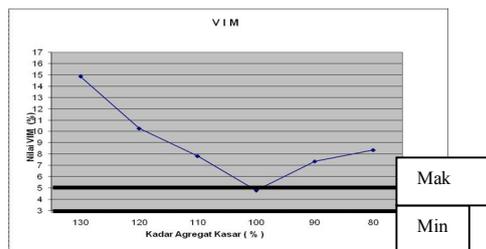


Gambar 4 : Hubungan Kadar Agregat Kasar dengan VMA, .

Hasil pemeriksaan menunjukkan menaikkan kadar agregat kasar hingga 130 % mengakibatkan nilai VMA mengalami kenaikan dari kondisi normal, sedangkan menurunkan kadar agregat kasar sampai 80 % mengakibatkan nilai VMA mengalami penurunan dari kondisi normal, tetapi nilai VMA masih berada diatas nilai minimal VMA. Hal ini disebabkan semakin tinggi persentase kadar agregat kasar, rongga menjadi lebih luas sehingga kerapatan campuran berkurang mengakibatkan pengikatan aspal dengan agregat tidak optimal, sedangkan jika persentase agregat kasar rendah maka campuran akan kelebihan agregat halus sehingga campuran menjadi lebih rapat mengakibatkan nilai VMA menurun tetapi masih dalam batas minimal nilai VMA, kondisi diatas menunjukkan daerah tersebut memenuhi spesifikasi campuran Departemen Pekerjaan Umum, yaitu min. 15 %.

Void in the Mix (VIM)

Void in the mix (VIM) merupakan prosentase rongga dalam campuran, nilai VIM berpengaruh kepada keawetan dari campuran aspal agregat, semakin tinggi nilai VIM menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat porous, hal ini mengakibatkan campuran menjadi kurang rapat dimana air dan udara mudah masuk ke rongga-rongga dalam campuran, yang menyebabkan mudah teroksidasi mengurangi keawetannya. Nilai VIM dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



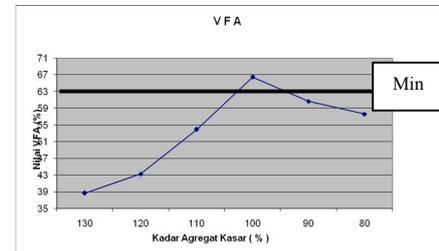
Gambar 5 : Hubungan Kadar Agregat Kasar dengan VIM

Hasil pemeriksaan menunjukkan penambahan kadar agregat kasar hingga 130% mengakibatkan nilai VIM meningkat dari kondisi normal. Hal ini disebabkan oleh karena rongga pada campuran semakin besar akibat agregat kasar yang semakin tinggi sehingga kondisi campuran menjadi kurang rapat mengakibatkan pengikatan antara agregat dengan aspal menjadi kurang optimal, sedangkan pengurangan agregat kasar sampai 80% mengakibatkan persentase agregat halus meningkat, sehingga meningkatkan luas permukaan agregat. Meningkatnya luas permukaan agregat tidak diiringi oleh peningkatan jumlah aspal, berakibat total aspal yang menyelimuti agregat semakin tipis dan cairan aspal semakin sulit terserap. Hal ini menyebabkan nilai VIM meningkat dari kondisi normal, kondisi diatas menunjukkan daerah tersebut tidak memenuhi spesifikasi campuran Departemen Pekerjaan Umum, yaitu min. 3 – 5 mm.

Void filled with Asphalt (VFA)

Void filled with Asphalt (VFA) yaitu rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami pemadatan yang dinyatakan dalam persen campuran setelah mengalami proses pemadatan terhadap rongga butiran agregat (VMA), sehingga nilai VFA dengan VMA mempunyai kaitan yang erat, faktor-faktor yang mempengaruhi VFA antara lain kadar aspal, gradasi agregat, energi

pemadat dan temperatur pemadatan, VFA yang terlalu tinggi dapat menyebabkan aspal naik kepermukaan pada temperatur tinggi, sedangkan nilai VFA yang terlalu rendah menyebabkan campuran bersifat porous dan mudah teroksidasi (Roberts *et.AL*, 1991). Nilai VFA dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

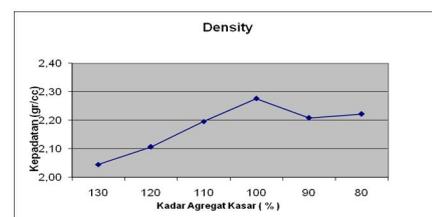


Gambar 6 : Hubungan Kadar Agregat Kasar dengan VFA

Hasil pemeriksaan menunjukkan mengurangi agregat kasar hingga 80 % dan menaikkan agregat kasar hingga 130 % mengakibatkan nilai VFA mengalami penurunan dari kondisi normal. Hal ini disebabkan berkurangnya kadar agregat kasar mengakibatkan filler dan agregat halus lebih banyak pada campuran, sehingga campuran menjadi lebih rapat yang mengakibatkan tingkat kerapatan menjadi lebih tinggi, sedangkan pada peningkatan agregat kasar, rongga pada campuran bertambah besar sehingga menurunkan nilai VFA, kondisi diatas menunjukkan daerah tersebut tidak memenuhi spesifikasi campuran Departemen Pekerjaan Umum, yaitu min. 63 %.

Kepadatan (*Density*)

Nilai *Density* adalah nilai berat volume untuk menunjukkan kepadatan dari campuran beton aspal, faktor-faktor yang mempengaruhi *Density* yaitu temperatur pemadatan, komposisi bahan penyusun, semakin bertambahnya kadar aspal semakin banyak rongga-rongga udara yang terisi aspal, sehingga kerapatan semakin tinggi. Nilai *Density* dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 7 : Hubungan Kadar Agregat Kasar dengan Density

Hasil pemeriksaan menunjukkan pengurangan kadar agregat kasar sampai 80 % mengakibatkan nilai Density mengalami kenaikan dari kondisi normal. Hal ini disebabkan berkurangnya kadar agregat kasar mengakibatkan filler dan agregat halus lebih banyak pada campuran, sehingga campuran menjadi lebih rapat, sedangkan menaikkan kadar agregat kasar dari kondisi normal 100 % nilai density mengalami penurunan, hal ini disebabkan rongga yang bertambah besar mengakibatkan terjadinya penurunan nilai VFA.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

1. Dengan meningkatkan kadar agregat kasar hingga 130 % dan menurunkan kadar agregat kasar hingga 80 % dari kondisi normal, mengakibatkan nilai VFA dan Flow mengalami penurunan dari kondisi normal (100%), sedangkan nilai VIM mengalami kenaikan dari kondisi normal (100%).
2. Maka hasil penelitian dan analisa serta perhitungan yang telah dilakukan dengan melihat pada nilai karakteristik Marshall dan variasi kadar agregat kasar, tidak semua nilai karakteristik Marshall memenuhi spesifikasi yang disyaratkan, maka variasi menaikkan kadar agregat kasar hingga 130% dan menurunkan kadar agregat kasar hingga 80 % terhadap campuran tidak boleh dilakukan.

Daftar Pustaka

- The Asphalt Institute, 2001, *Construction of Hot Mix Asphalt Pavement*, Manual series No. 22, Second Edition : Asphalt Institute Lexington, Kentucky.
- Balai Pengujian Kanwil PU Prop. Sumbar, Dinas Pekerjaan Umum, 2000, *Bahan Kursus Asphalt Mix Training Program*, Puslitbang Jalan Bandung.
- Brown, S. 1990. *The Shell Bitumen Hand Book*. University of Nottingham.

Kimpraswil, 2003, Seksi 6.3, *Spesifikasi Campuran Beraspal Panas*.

Kimpraswil, 2004, a. Buku I. *Manual Pekerjaan Campuran Beraspal Panas*.

Kimpraswil, 2004, b. Buku I. *Manual Pekerjaan Campuran Beraspal Panas*.

Standar Nasional Indonesia, SNI-06-2489-1991, *Pengujian Campuran Beraspal dengan alat Marshall* (AASHTO T-245-1978)

Silvia.S, 1999, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Nova, Bandung.

Suprpto, T, 1998, *Model Rancangan Campuran Agregat Aspal Untuk Uji Marshall*, Media Teknik, FT-UGM, Yogyakarta.

Totomihardjo, S, 2004, *Bahan dan Struktur Jalan Raya*, Edisi Ketiga, Biro Penerbit Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.