

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

Oleh :

M i s b a h

Dosen Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Padang

Abstrak

Jalan merupakan sarana transportasi yang sangat menentukan dalam meningkatkan kesejahteraan masyarakat umumnya dan perekonomian masyarakat khususnya. Biaya pembangunan dan perawatan jalan yang besar, akan lebih baik jika 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 mengalami kerusakan sebelum umur rencana tercapai. Faktor penyebab kerusakan diantaranya : pemeliharaan jalan yang belum optimal, muatan kendaraan berlebih, pengaruh faktor aspal dan faktor gradasi agregat, serta pelaksanaan perkerasan yang tidak memenuhi persyaratan spesifikasi Departemen Pekerjaan Umum.

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

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan menurunkan kadar agregat halus hingga nilai 80 % dan menaikkan kadar agregat kasar hingga 130 % dari kondisi normal (100 %), mengakibatkan nilai Flow dan VFA mengalami penurunan dari kondisi normal (100 %) dan nilai VIM mengalami kenaikan dari kondisi normal, hal ini mengakibatkan nilai karakteristik campuran Marshall tidak memenuhi spesifikasi campuran.

Kata Kunci : Variasi Agregat Halus, Karakteristik Marshall

Abstract

Roads are the means of transport is crucial in improving the welfare of society in general and the economy in particular. Cost of construction and maintenance of the road, it would be better if the roads emphasis on improving the quality of roads, both in terms of costs, methods of implementation and maintenance terms in order to obtain maximum results and long-lasting way. Often found with damaged pavement before the design life is reached. Factors causing such damage: road maintenance is not optimal, excessive vehicle loads, the influence factors of asphalt and aggregate gradation factors, as well as the implementation of pavement that does not meet the requirements of the Public Works Department specifications.

For that, need a method that can determine the deviation of the implementation meets the specification requirements of the Department of Public Works. One is the method of analysis of the influence of variations in the value of fine aggregate characteristics-mixed Concrete Asphalt Wearing Course (AC-WC). Flexible pavement layer-Wearing Course Asphalt Concrete (AC-WC) is used as a pavement layer surface layer or wear layer, it is necessary for the density (density) that meet the standards.

The results showed that by lowering the levels of fine aggregate to the value of 80% and raise the level of coarse aggregate up to 130% of normal (100%), resulting in values VFA and Flow decreased from normal conditions (100%) and the value of VIM had passed all of the conditions normal, this has resulted in the value of the characteristic blend Marshall mix does not meet specifications.

Keywords: Fine Aggregate Variation, Characteristics Marshall

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pembangunan jalan di Indonesia akhir-akhir ini sangat meningkat, mulai dari proyek pembangunan jalan baru sampai proyek peningkatan jalan. Perkerasan jalan biasanya direncanakan untuk masa pelayanan yang disesuaikan dengan kondisi lalu lintas yang ada, tetapi 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.

Pada proses pembuatan campuran di AMP, material agregat kasar, halus dan filler dimasukkan ke dalam bin dingin, kemudian agregat dialirkan dengan menggunakan ban berjalan dan bergetar ke bagian dryer (pengering). Dari dryer, agregat dialirkan ke unit saringan panas (*hot screen*). Kemudian agregat dialirkan ke bin panas (*hot bin*). Dari hot bin dialirkan ke bagian penimbangan. Dari penimbangan agregat dialirkan ke bagian pencampuran (*mixer pugmill*). Kemudian dilanjutkan dengan pemeriksaan hasil produksi.

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 :

- a. Daya Tahan (Durabilitas)
- b. Adhesi dan Kohesi
- c. Kepekaan terhadap campuran
- d. Kekerasan aspal

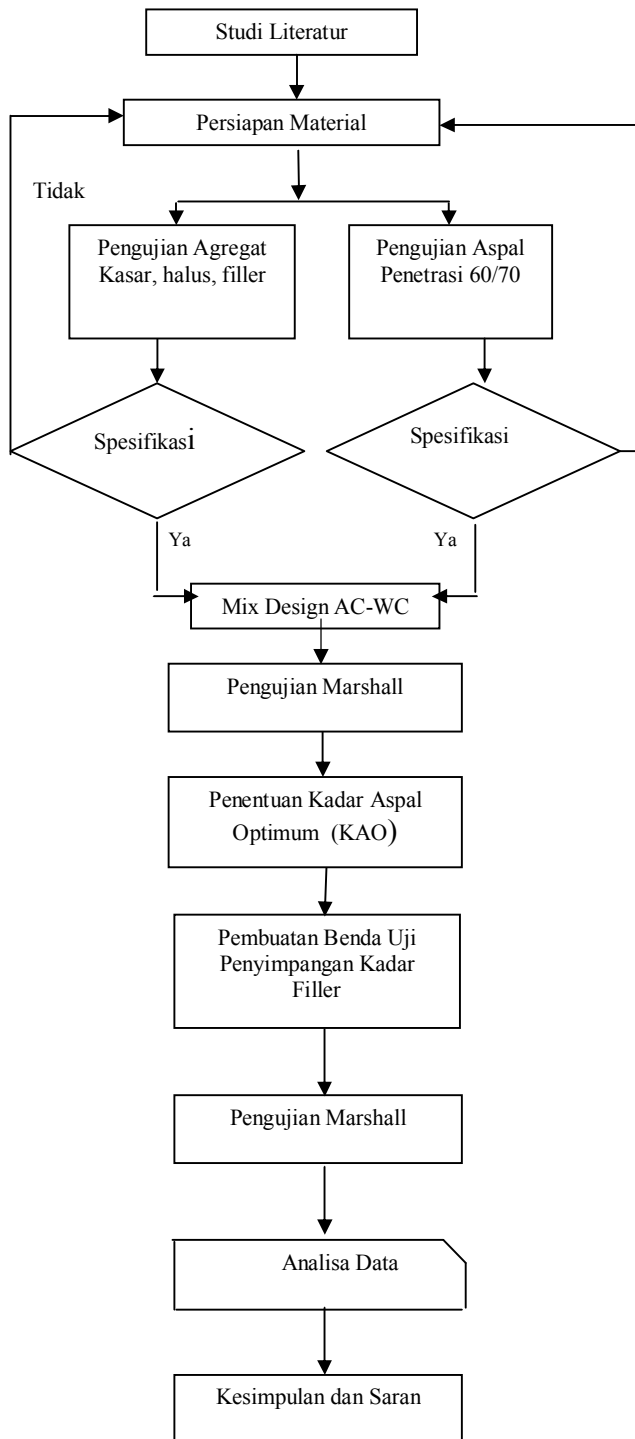
Agregat atau batuan adalah kumpulan butir-butir mineral alam maupun buatan yang dapat berupa batu pecah, kerikil, pasir atau komposisi mineral lain.

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

Pada penelitian ini metoda pengujian 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 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 halus.



Gambar. 1. Bagan Alir Penelitian

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

- a) Memiliki ketahanan terhadap deformasi permanen.
- b) Ketahanan terhadap retak lelah (fatigue)
- c) Mudah dikerjakan saat penghamparan sampai tingkat kepadatan yang diinginkan dengan peralatan yang memungkinkan.
- d) Bersifat kedap air untuk melindungi lapisan perkerasan di bawahnya terhadap pemasukan air dari luar yang bersifat merusak.
- e) Tahan lama dan mampu menahan abrasi oleh lalu lintas, pengaruh air dan udara.
- f) Berperan dalam mendukung struktur perkerasan
- g) Pemeliharaan murah 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

$$G_{sa} = \frac{P_1}{P_1 / G_{sa1}} + \frac{P_2}{P_2 / G_{sa1}} + \dots + \frac{P_n}{P_n / G_{san}}$$

- 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

$$Pba = 100 \times \frac{Gse - Gsb}{GsexGsb} \times Gb$$

- i. Kadar aspal efektif dari total campuran

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

Dengan maksud,

P1, P2, ..., Pn = prosentase berat agregat

Gsb, Gsb n, = berat jenis dari agregat

Gsa1, Gsa n, = berat jenis apparent dari agregat

Gsa = berat jenis apparent dari total agregat

Gsb = berat jenis bulk dari total agregat

V bulk = volume bulk campuran dipadatkan

Wssd = berat jenis kering permukaan

Ww = berat dalam air

Gmb = berat jenis bulk pada campuran padat

Gmm = berat jenis teoritis maksimum campuran padat

Pmm = prosentase berat dari total campuran lepas 100%

Pb = kadar aspal

Gb = berat jenis aspal

Ps = prosentase berat agregat VIM rongga dalam campuran

VITM = rongga dalam campuran

VFWA = rongga udara terisi aspal

VMA = rongga udara dalam agregat

Pba = penyerapan aspal, prosentase dari berat agregat

Pbe = 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

Dari hasil pemeriksaan yang telah dilakukan terhadap Agregat Kasar, berat jenis curah (bulk) sebesar : 2.483 gr/cc, berat jenis semu (Apparent) sebesar : 2.594 gr/cc dan penyerapan (Absorption) sebesar : 1.725 %.

Dari hasil pemeriksaan yang telah dilakukan terhadap Agregat Halus, berat jenis curah (bulk) sebesar : 2.518 gr/cc, berat jenis semu (Apparent) sebesar : 2.662 gr/cc dan penyerapan (Absorption) sebesar : 2.146 %.

Dari hasil pemeriksaan yang telah dilakukan terhadap Filler, berat jenis curah (bulk) sebesar : 2.574 gr/cc, berat jenis semu (Apparent) sebesar : 2.735 gr/cc dan penyerapan (Absorption) sebesar : 2.282 %.

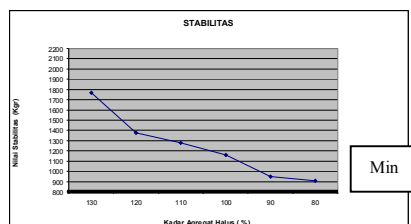
Pembahasan

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 :

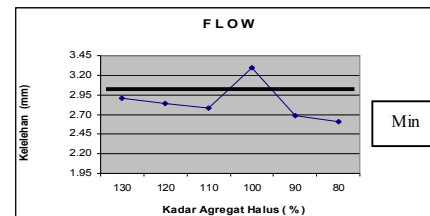


Gambar 1 : Hubungan Agregat Halus dengan Stabilitas

Hasil pemeriksaan memperlihatkan mengurangi kadar agregat halus sampai nilai 80 % mengakibatkan nilai stabilitas mengalami penurunan dari kondisi normal. Hal ini disebabkan karena berkurangnya kadar agregat halus meningkatkan rongga dalam campuran, sehingga fungsi agregat halus sebagai bahan pengisi pada rongga, tidak tercapai/tercukupi karena pengurangan kadar agregat halus tadi, sedangkan menaikkan kadar agregat halus sampai nilai 130% mengakibatkan nilai stabilitas semakin tinggi dari kondisi normal. Hal ini disebabkan karena peningkatan agregat halus dari kondisi normal mengakibatkan ketimpangan pada campuran sehingga pengikatan agregat dengan aspal menjadi berkurang, namun kondisi diatas menunjukkan daerah tersebut memenuhi spesifikasi campuran Departemen 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 :



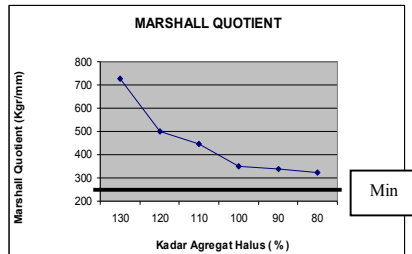
Gambar 2 : Hubungan Agregat Halus dengan flow

Hasil pemeriksaan memperlihatkan mengurangi agregat halus sampai nilai 80 % mengakibatkan nilai *flow* mengalami penurunan dari kondisi normal. Hal ini disebabkan karena berkurangnya agregat halus meningkatkan rongga dalam campuran, sehingga agregat halus yang ada tidak cukup menutup rongga diantara agregat kasar, sedangkan menaikkan agregat halus sampai nilai 130% mengakibatkan nilai menurun dari kondisi normal. Hal ini disebabkan karena penambahan agregat halus mengakibatkan terjadinya ketimpangan pada campuran sehingga aspal tidak optimal dalam mengikat agregat, 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 :



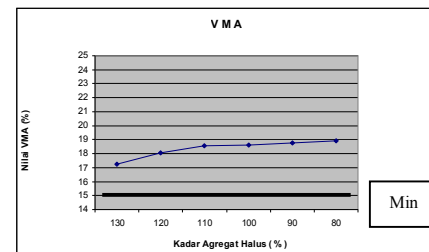
Gambar 3 : Hubungan Agregat Halus dengan MQ

Hasil pemeriksaan memperlihatkan mengurangi kadar agregat halus pada campuran sampai nilai 80% mengakibatkan nilai MQ mengalami penurunan dari kondisi normal. Hal ini disebabkan karena agregat halus yang ada tidak cukup menutupi rongga pada campuran sehingga nilai MQ cenderung menurun, sedangkan menaikkan kadar agregat halus sampai nilai 130% mengakibatkan nilai MQ naik signifikan dari kondisi normal. Hal ini disebabkan karena peningkatan kadar agregat halus sampai nilai 130% menjadikan campuran menjadi lebih kental dan pengikatan antara agregat tidak maksimal sehingga mengakibatkan nilai MQ cenderung meningkat naik, kondisi diatas menunjukkan daerah tersebut 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 aspal 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 :

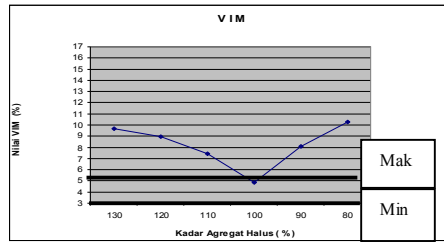


Gambar 4 : Hubungan Agregat Halus dengan VMA

Hasil pemeriksaan menunjukkan pengurangan agregat halus sampai nilai 80% mengakibatkan nilai VMA mengalami kenaikan dari kondisi normal. Hal ini disebabkan berkurangnya persentase kadar agregat halus mengakibatkan agregat halus yang ada tidak cukup menutupi rongga pada campuran sehingga meningkatkan nilai VMA, sedangkan meningkatkan kadar agregat halus sampai nilai 130% menjadikan campuran lebih kental mengakibatkan nilai VMA menurun dari nilai normal, 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 :



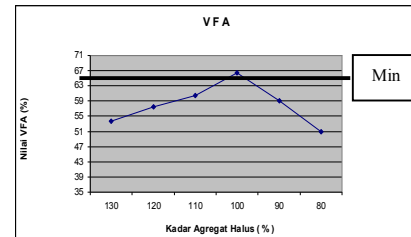
Gambar 5 : Hubungan Agregat Halus dengan VIM

Hasil pemeriksaan menunjukkan pengurangan agregat halus sampai nilai 80 % mengakibatkan nilai VIM meningkat dari kondisi normal. Hal ini disebabkan karena agregat halus yang ada tidak cukup menutupi rongga dalam campuran sehingga kepadatan menjadi berkurang mengakibatkan campuran bersifat porous, sedangkan penambahan kadar agregat halus sampai nilai 130% mengakibatkan nilai VIM meningkat dari kondisi normal. Hal ini disebabkan meningkatnya kadar agregat halus menjadikan campuran menjadi lebih kental, dan terjadi ketimpangan pada campuran sehingga pengikatan aspal dengan agregat tidak optimal, kondisi diatas menunjukkan daerah tersebut tidak memenuhi spesifikasi campuran Departemen Pekerjaan Umum, yaitu min. 3,0 – 5,0 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 pematat 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 :

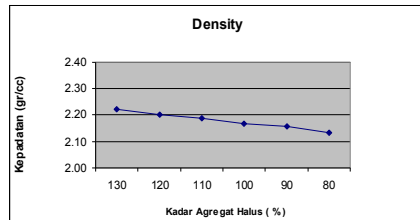


Gambar 6 : Hubungan Agregat Halus dengan VFA

Hasil pemeriksaan menunjukkan pengurangan kadar agregat halus sampai nilai 80 % mengakibatkan nilai VFA mengalami penurunan dari kondisi normal. Hal ini disebabkan karena agregat halus yang ada tidak cukup menutupi rongga diantara agregat kasar, sehingga kepadatan menjadi berkurang karena ikatan antara agregat mengecil, sedangkan penambahan agregat halus sampai nilai 130% mengakibatkan nilai VFA juga menurun dari kondisi normal. Hal ini disebabkan dengan kelebihan agregat mengakibatkan campuran menjadi kental dan pengikatan antara agregat tidak maksimal, kondisi diatas menunjukkan daerah tersebut tidak memenuhi spesifikasi campuran Departemen Pekerjaan Umum, yaitu min. 65 %.

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 Agregat Halus dengan Density

Hasil pemeriksaan menunjukkan pengurangan kadar agregat halus sampai nilai 80 % mengakibatkan nilai Density mengalami penurunan dari kondisi normal. Hal ini disebabkan karena agregat halus yang ada tidak cukup menutupi rongga diantara agregat kasar, sehingga kepadatan menjadi berkurang karena ikatan antara agregat mengecil, sedangkan penambahan agregat halus sampai nilai 130% mengakibatkan nilai Density naik dari kondisi normal, hal ini disebabkan karena dengan kelebihan kadar agregat halus mengakibatkan campuran menjadi kental dan pengikatan antara agregat tidak maksimal.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

1. Menurunkan kadar agregat halus hingga nilai 80% dan menaikkan kadar agregat halus hingga nilai 130% dari kondisi normal, mengakibatkan nilai Flow dan VFA mengalami penurunan, sedangkan nilai VIM mengalami kenaikan dari kondisi normal.
2. Berdasarkan hasil penelitian dan analisa yang telah dilakukan dengan melihat pada nilai karakteristik Marshall dan variasi kadar agregat halus, tidak semua nilai karakteristik Marshall memenuhi spesifikasi yang disyaratkan, maka variasi menurunkan kadar agregat halus hingga nilai 80 % dan menaikkan kadar agregat halus hingga nilai 130 % tidak boleh dilakukan.

Saran

1. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan kajian unsur kimia aspal.
2. Mengkaji efisiensi biaya pemakaian agregat untuk aplikasi di lapangan.
3. Penelitian dapat dilanjutkan dengan mengkaji variasi temperatur pemadatan campuran terhadap nilai karakteristik Marshall.
4. Penelitian juga dapat dilanjutkan dengan mengkaji variasi tumbukan terhadap nilai karakteristik Marshall.

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.
- Kimpraswil, 2003, Seksi 6.3, *Spesifikasi Campuran Beraspal Panas*.
- Kimpraswil, 2004, 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.*