

**PENGARUH VARIASI KADAR AGREGAT KASAR
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. Dengan 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. Saat ini sering ditemui perkerasan jalan yang mengalami kerusakan sebelum umur rencana tercapai. 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 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 kadar agregat kasar 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 menaikkan kadar agregat kasar hingga 130 % dan menurunkan kadar agregat kasar hingga 80 % 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 Kasar, Karakteristik Marshall

Abstract

The road is a means of transport is crucial in improving the welfare of society in general and the economy in particular. With the cost of building and maintaining the road, it would be better if the construction of the emphasis 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 long-lasting way. Currently common pavement were damaged before the age of the plan is achieved. The causes of damage include: maintenance of roads is not optimal, the vehicle load exceeds the load capacity of the vehicle, the influence of asphalt and aggregate gradation factors, as well as the implementation of pavement that does not meet the specification requirements of the Department of Public Work.

For that, it needs a method that can determine the deviation of the implementation meets the specification requirements of the Department of Public Work. One is the method of analysis of the influence of variations in the levels of coarse aggregate to the value of the characteristic-mixed Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC). Layer flexible pavement Asphalt-Concrete Wearing Course (AC-WC) is a layer of pavement that is used as the surface layer or wear layer, it is necessary density (density) that meet the standards. The results showed that by increasing the levels of coarse aggregate to 130% and reduce levels of coarse aggregate up to 80% of normal (100%), resulting in the value of Flow and VFA decreased from normal (100%) and VIM value increased from normal conditions, this resulted in the value of the characteristic blend Marshall mix does not meet specifications.

Keywords: Coarse 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. Perencanaan jalan biasanya dibuat 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

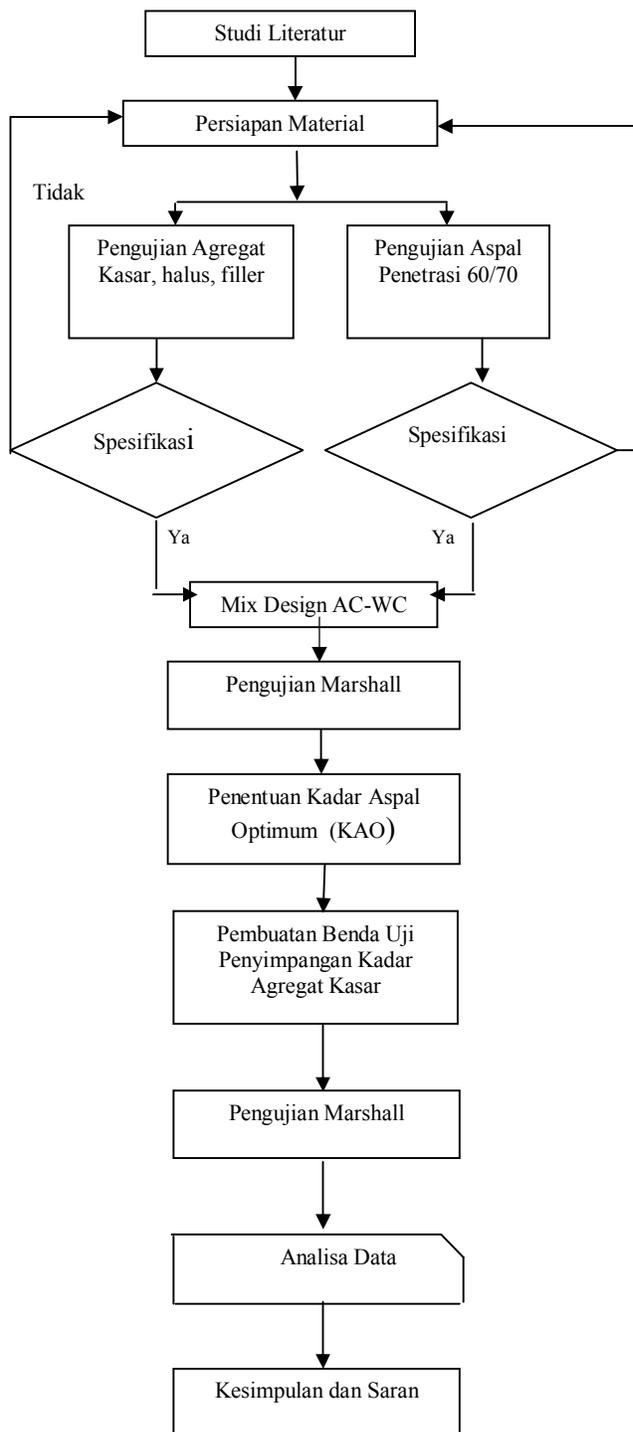
berupa batu pecah, kerikil, pasir atau komposisi mineral lain.

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 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 tingkat 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 lalu lintas, 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 :

- Berat jenis Bulk dari total agregat:

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

- Berat jenis Apparent dari total agregat

$$Gsa = \frac{P_1}{P_1 / Gsa_1} + \frac{P_2}{P_2 / Gsa_1} + \dots + \frac{P_n}{P_n / Gsa_n}$$

- Berat jenis efektif dari total agregat

$$Gse = \frac{Gsb + Gsa}{2}$$

- Isi Bulk dari campuran padat, cc

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

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

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

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

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

- VFA/Rongga terisi aspal (prosentase dari VMA)

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

h. Penyerapan aspal

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

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

VIM = rongga dalam campuran

VFA = rongga udara terisi aspal

VMA = rongga uddara dalanm 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 Marshal 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 %.

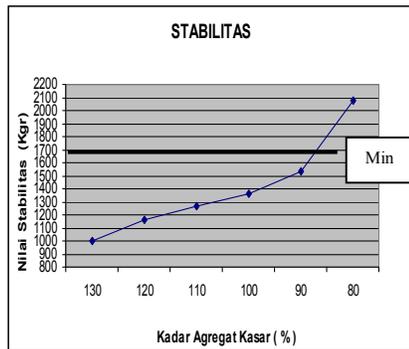
Pembahasan

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 :



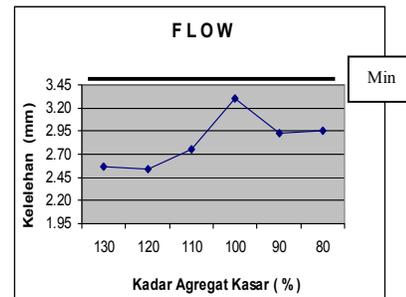
Gambar 1 : Hubungan Kadar Agregat Kasar dengan Stabilitas

Hasil pemeriksaan memperlihatkan meningkatkan kadar agregat kasar sampai 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 dapat terisi oleh aspal, sehingga ikatan antar butiran masih baik, dan dengan peningkatan agregat kasar selanjutnya, rongga yang membesar tidak terisi lagi oleh aspal, sehingga bidang ikatan menjadi lebih besar selanjutnya cenderung menurunkan nilai stabilitas, namun masih berada diatas nilai minimal stabilitas. Pada penurunan agregat kasar, dengan berkurangnya agregat kasar, maka 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 Departemen Pekerjaan Umum (PU) tahun 2010, 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 :



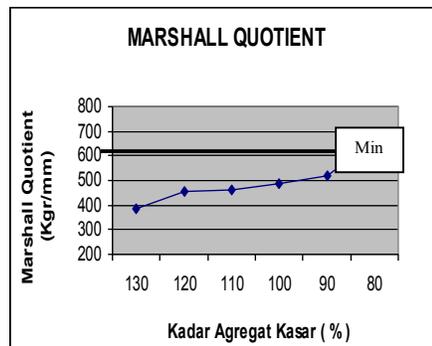
Gambar 2 : Hubungan Kadar Agregat Kasar dengan Flow

Hasil pemeriksaan memperlihatkan jika agregat kasar melebihi persentase normal, nilai *flow* menurun. Hal ini disebabkan oleh kepadatan berpengaruh erat dengan rongga, jika rongga membesar maka kepadatan akan berkurang. Bertambahnya persentase agregat kasar, tanpa diiringi penambahan agregat halus dan filler, cenderung meningkatkan rongga, 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 material dalam campuran semakin halus, sehingga permukaan material semakin luas, luasnya permukaan material tidak diiringi dengan peningkatan bidang kontak antar material menyebabkan nilai *flow* cenderung menurun., kondisi ini mengakibatkan daerah tersebut tidak memenuhi spesifikasi campuran Departemen Pekerjaan Umum (PU) tahun 2010, 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 :



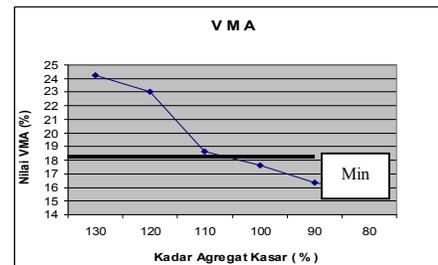
Gambar 3 : Hubungan Kadar Agregat Kasar dengan MQ

Hasil pemeriksaan memperlihatkan mengurangi kadar agregat kasar pada campuran sampai 80 % mengakibatkan nilai MQ mengalami kenaikan dari kondisi normal. 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 tipis dan cairan aspal semakin sulit terserap, yang menyebabkan kekentalan aspal berkurang dan aspal lebih cepat mengalami proses pendinginan, sedangkan menaikkan kadar agregat kasar sampai 130 % mengakibatkan nilai MQ menurun dari kondisi normal. Hal ini disebabkan karena rongga yang terbentuk akibat peningkatan persentase agregat kasar masih dapat terisi oleh aspal, sehingga ikatan antar butiran masih baik dan pada peningkatan agregat kasar selanjutnya, rongga yang membesar tidak terisi lagi oleh aspal, sehingga bidang ikatan menjadi lebih besar, selanjutnya cenderung menurunkan nilai MQ. Kondisi diatas menunjukkan daerah tersebut memenuhi spesifikasi campuran Departemen Pekerjaan Umum (PU) tahun 2010, 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 :

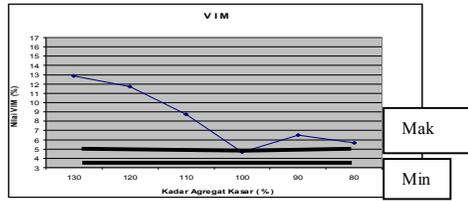


Gambar 4 : Hubungan Kadar Agregat Kasar dengan VMA

Hasil pemeriksaan menunjukkan menaikkan kadar agregat kasar sampai 130 % mengakibatkan nilai VMA mengalami kenaikan dari kondisi normal, sedangkan menurunkan kadar agregat kasar sampai 80 % mengakibatkan nilai VMA mengalami penurunan dari kondisi normal. Hal ini disebabkan semakin tinggi persentase kadar agregat kasar, rongga bertambah besar sehingga kerapatan campuran berkurang mengakibatkan pengikatan aspal dengan agregat tidak optimal sehingga nilai VMA tinggi, sedangkan jika persentase agregat kasar rendah maka campuran akan kelebihan agregat halus sehingga merapatkan campuran mengakibatkan nilai VMA menurun tetapi masih dalam batas minimal nilai VMA, kondisi diatas menunjukkan daerah tersebut memenuhi spesifikasi campuran Departemen Pekerjaan Umum (PU) tahun 2010, 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 :

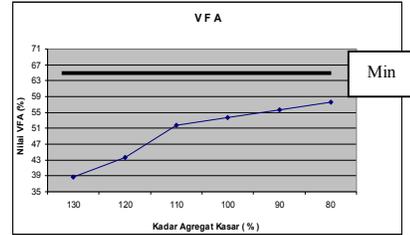


Gambar 5 : Hubungan Kadar Agregat Kasar dengan VIM

Hasil pemeriksaan menunjukkan penambahan kadar agregat kasar sampai 130% mengakibatkan nilai VIM meningkat dari kondisi normal. Hal ini disebabkan oleh karena rongga pada campuran semakin besar akibat pemberian agregat kasar yang semakin tinggi sehingga mengakibatkan campuran menjadi kurang rapat sehingga pengikatan antara agregat dengan aspal tidak optimal, sedangkan pengurangan agregat kasar sampai 80% mengakibatkan 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 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 (PU) tahun 2010, yaitu min. 3,5 – 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 :

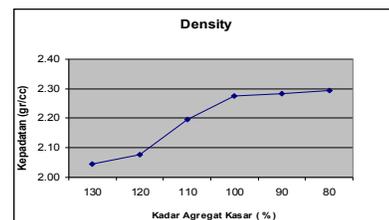


Gambar 6 : Hubungan Kadar Agregat Kasar dengan VFA

Hasil pemeriksaan menunjukkan mengurangi agregat kasar sampai 80 % mengakibatkan nilai VFA mengalami kenaikan dari kondisi normal. Hal ini disebabkan berkurangnya kadar agregat kasar mengakibatkan filler dan agregat halus lebih banyak pada campuran, sehingga merapatkan campuran yang mengakibatkan kerapatan menjadi lebih tinggi, sedangkan menaikkan kadar agregat kasar nilai VFA mengalami penurunan dari kondisi normal, hal ini disebabkan rongga bertambah besar akibat peningkatan persentase agregat kasar sehingga menurunkan nilai VFA, kondisi diatas menunjukkan daerah tersebut tidak memenuhi spesifikasi campuran Departemen Pekerjaan Umum (PU) tahun 2010, 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 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 merapatkan campuran yang mengakibatkan kerapatan menjadi lebih tinggi, sedangkan menaikkan kadar agregat kasar nilai density mengalami penurunan dari kondisi normal, hal ini disebabkan rongga bertambah besar akibat peningkatan persentase agregat kasar sehingga menurunkan nilai VFA.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

1. Menurunkan kadar agregat kasar hingga 80 % dan menaikkan kadar agregat kasar hingga 130 % dari kondisi normal, mengakibatkan nilai Flow dan VFA mengalami penurunan dari kondisi normal (100%) dan 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 kasar, tidak semua nilai karakteristik Marshall memenuhi spesifikasi yang disyaratkan, maka variasi menurunkan kadar agregat kasar hingga 80 % dan menaikkan kadar agregat kasar sampai 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

- Annual Book of ASTM Standart, (1989). American Society For Testing Material Philadelphia
- Balai Pengujian Kanwil PU Prop. Sumbar, Dinas Pekerjaan Umum, 2000, ***Bahan Kursus Asphalt Mix Training Program***, Puslitbang Jalan Bandung.
- Kementerian Pekerjaan Umum, (2010). ***Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan***.
- Nazir, Moh, (1983). ***Metode Penelitian***. Jakarta : Ghalia Indonesia
- 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.
- The Asphalt Institute, 2001, ***Construction of Hot Mix Asphalt Pavement***, Manual series No. 22, Second Edition : Asphalt Institute Lexington, Kentucky
- Wardhani Sartono, 1999. ***Perencanaan Campuran Aspal***.