

---

## PENGARUH VARIASI KADAR AGREGAT HALUS 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 yang baik sangat diperlukan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat umumnya dan perekonomian masyarakat khususnya. Dengan biaya pembangunan dan perawatan jalan yang besar saat ini, akan lebih baik jika pembangunan jalan dititikberatkan pada peningkatan mutu jalan, baik dari segi biaya, metoda pelaksanaan maupun segi pemeliharaan sehingga diperoleh hasil maksimal serta bertahan lama. perkerasan jalan sering 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. metoda yang bisa mengetahui terjadinya penyimpangan pelaksanaan yang telah memenuhi persyaratan salah satunya metode analisa pengaruh variasi agregat halus 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. Hasil penelitian membuktikan dengan penurunan kadar agregat halus hingga nilai 80 % dan peningkatankadar 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 (100 %). Akibatnya, nilai karakteristik campuran Marshall tidak memenuhi spesifikasi campuran.*

*Kata Kunci : Variasi Agregat Halus, Karakteristik Marshall*

---

## 1. Pendahuluan

### 1.1. Latar Belakang

Perkembangan jalan di Indonesia akhir-akhir ini sangat meningkat, 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 melebihi ketentuan serta pengaruh faktor aspal dan faktor gradasi. Pembuatan campuran dilakukan dengan dua kondisi yaitu: pembuatan campuran di laboratorium dan pembuatan campuran di AMP. Sebelum pembuatan campuran di AMP, sampel terlebih dahulu diuji di laboratorium dengan syarat material harus sesuai standar spesifikasi ideal.

Proses pembuatan campuran yang dikerjakan 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.

**1.2. Tinjauan Pustaka**

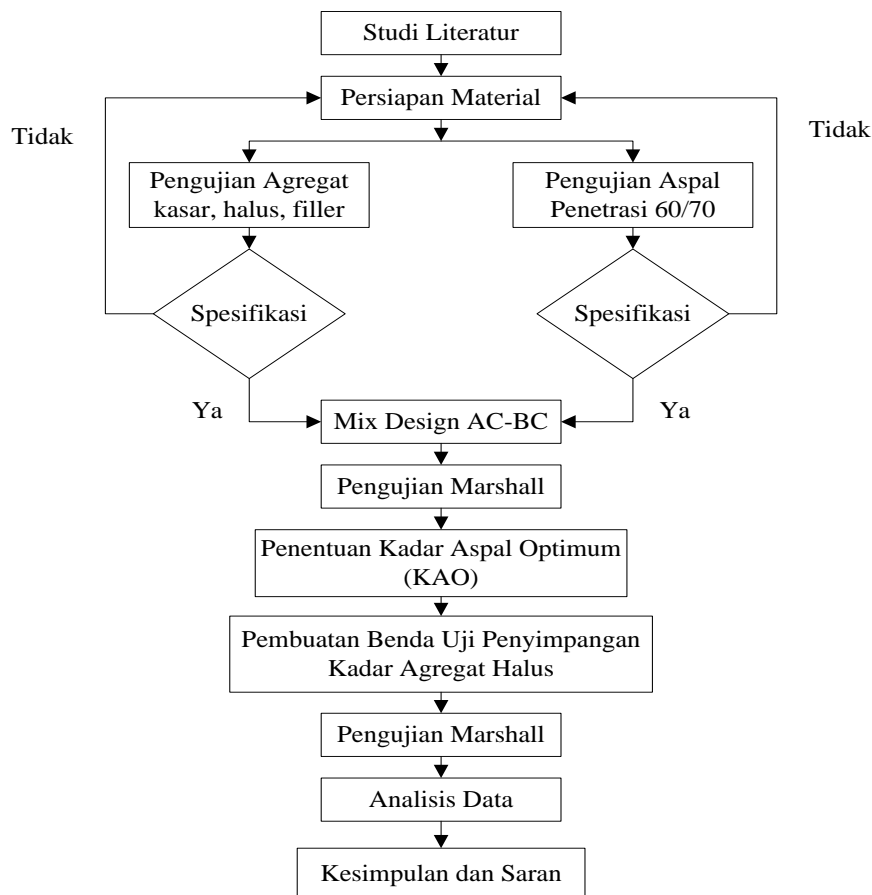
Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat, yang mengandung hydrocarbon. Menurut Asphalt Institute, MS-22 2001, sifat-sifat aspal yang dibutuhkan untuk perkerasan jalan adalah:

- 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).

**2. 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). Pemasakan 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. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada Gambar 1.



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:

- 1) Berat jenis Bulk dari total agregat:

$$G_{sb} = \frac{P_1}{P_1 / G_{sb}} + \frac{P_2}{P_2 / G_{sb}} + \dots + \frac{P_n}{P_n / G_{sb}} \quad (2.1)$$

- 2) Berat jenis Apparent dari total agregat

$$G_{sa} = \frac{P_1}{P_1 / G_{sa}} + \frac{P_2}{P_2 / G_{sa}} + \dots + \frac{P_n}{P_n / G_{sa}} \quad (2.2)$$

- 3) Berat jenis efektif dari total agregat

$$G_{se} = \frac{G_{sb} + G_{sa}}{2} \quad (2.3)$$

- 4) Isi Bulk dari campuran padat, cc

$$V_{bulk} = W_{ssd} - W_w \quad (2.4)$$

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

$$VIM = 100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \quad (2.5)$$

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

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb} - P_s}{G_{sb}} \quad (2.6)$$

- 7) VFA/Rongga terisi aspal (prosentase dari VMA)

$$VFA = 100 \times \frac{VMA - VIM}{VMA} \quad (2.7)$$

- 8) Penyerapan aspal

$$P_{ba} = 100 \times \frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{se} \times G_{sb}} \times G_{sb} \quad (2.8)$$

- 9) Kadar aspal efektif dari total campuran

$$P_{be} = P_b - \frac{P_{ba}}{100} \times P_s \quad (2.9)$$

Dimana :

- $P_1, P_2, \dots, P_n$  = 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

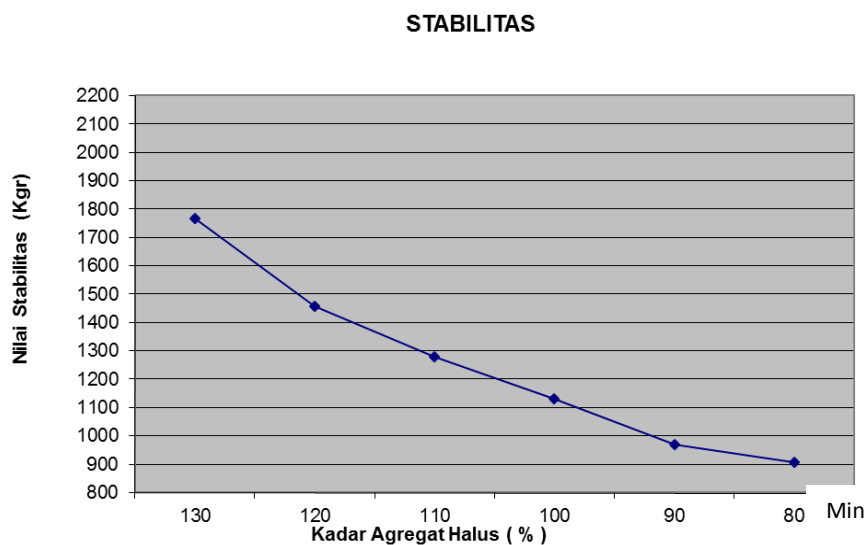
- Gb* = berat jenis aspal
- Ps* = prosentase berat agregat *VIM* rongga dalam campuran
- VITM* = rongga dalam campuran
- VFWA* = rongga udara terisi aspal
- VMA* = rongga uddara dalam agregat
- Pba* = penyerapan aspal, prosentase dari berat agregat
- Pbe* = kadar aspal efektif, prosentase dari berat campuran
- MS* = Stabilitas Marshall, kg
- MF* = *Marshall Flow* (mm)
- MSS* = stabilitas Marshall pada kondisi standar (kg)
- MSI* = stabilitas Marshall pada kondisi perendaman (kg)

Pengujian 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*).

### 3. Hasil dan Pembahasan

Dari hasil pemeriksaan yang telah dilakukan terhadap Agregat Kasar, berat jenis curah (bulk) sebesar: 2.477gr/cc, berat jenis semu (Apparent) sebesar: 2.591gr/cc dan penyerapan (Absorption) sebesar: 1.722 %. Sedangkan hasil pemeriksaan terhadap Agregat Halus, berat jenis curah (bulk) sebesar: 2.513gr/cc, berat jenis semu (Apparent) sebesar: 2.659gr/cc dan penyerapan (Absorption) sebesar: 2.142 %. Serta hasil pemeriksaan terhadap Filler, berat jenis curah (bulk) sebesar: 2.571gr/cc, berat jenis semu (Apparent) sebesar: 2.730gr/cc dan penyerapan (Absorption) sebesar: 2.278 %. 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*).

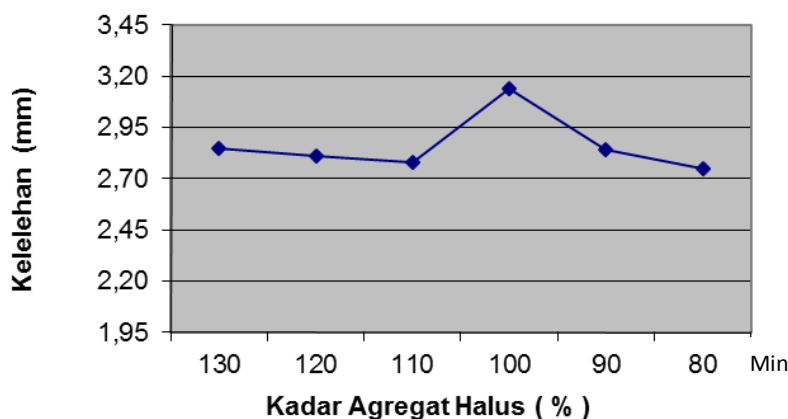
Stabilitas merupakan kemampuan lapis perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur (*rutting*), maupun mengalami *bleeding*, nilai stabilitas dipengaruhi oleh kohesi/penetrasi, kadar aspal, gesekan (*internal friction*), sifat saling mengunci (*interlocking*) 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 2. 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 terpenuhi 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 mengecil, namun kondisi diatas menunjukkan daerah tersebut memenuhi spesifikasi campuran Departemen Pekerjaan Umum, yaitu diatas 800 Kg.

*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 :



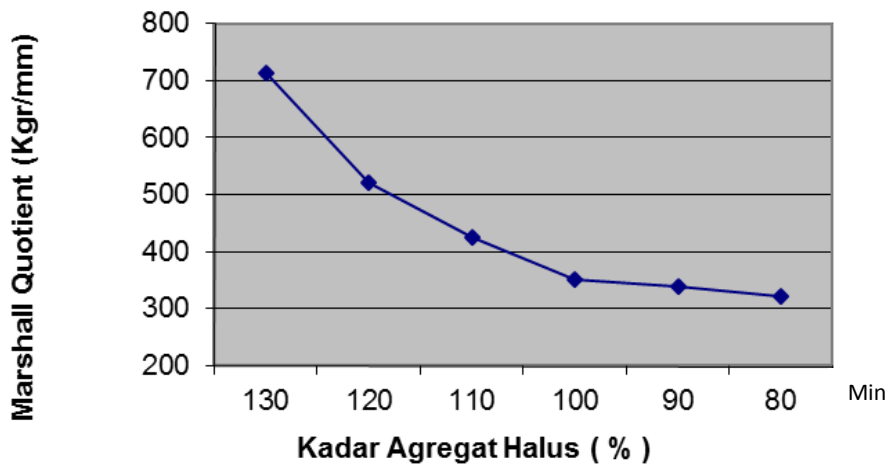
Gambar 3. Hubungan Agregat Halus dengan flow

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 mampu menutup rongga diantara agregat kasar yang ada, sedangkan menaikkan agregat halus sampai nilai 130% mengakibatkan nilai menurun dari kondisi normal. Hal ini disebabkan karena penambahan agregat halus hingga 130% mengakibatkan campuran menjadi kental sehingga pengikatan aspal dengan agregat tidak sempurna, kondisi ini mengakibatkan daerah tersebut tidak memenuhi spesifikasi campuran Departemen Pekerjaan Umum, yaitu min 3 mm.

*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 4 dibawah ini.

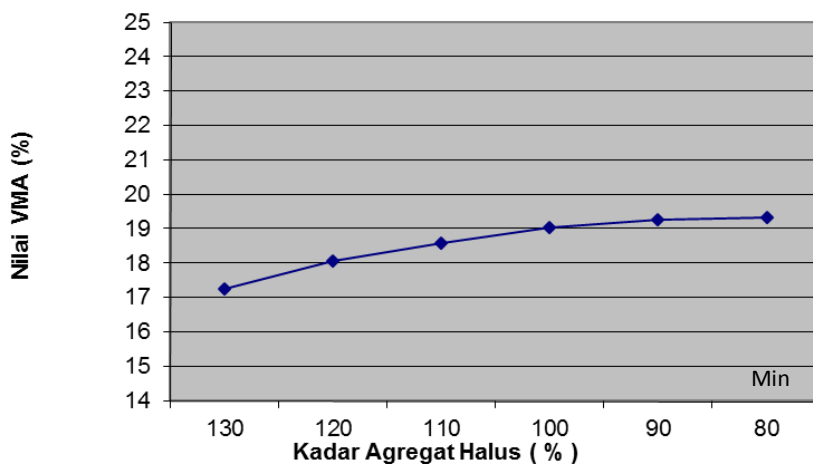
Hasil pemeriksaan memperlihatkan mengurangi kadar agregat halus pada campuran sampai nilai 80% mengakibatkan nilai MQ mengalami penurunan dari kondisi normal. Hal ini disebabkan karena agregat halus yang ada tidak cukup menutupi rongga pada campuran sehingga nilai MQ cenderung menurun, sedangkan menaikkan 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 dan seimbang sehingga mengakibatkan nilai MQ cenderung meningkat naik, kondisi

diatas menunjukkan daerah tersebut memenuhi spesifikasi campuran Departemen Pekerjaan Umum, yaitu min 250 kg/mm.



Gambar 4. Hubungan Agregat Halus dengan MQ

*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 agregat* 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 5 dibawah ini:

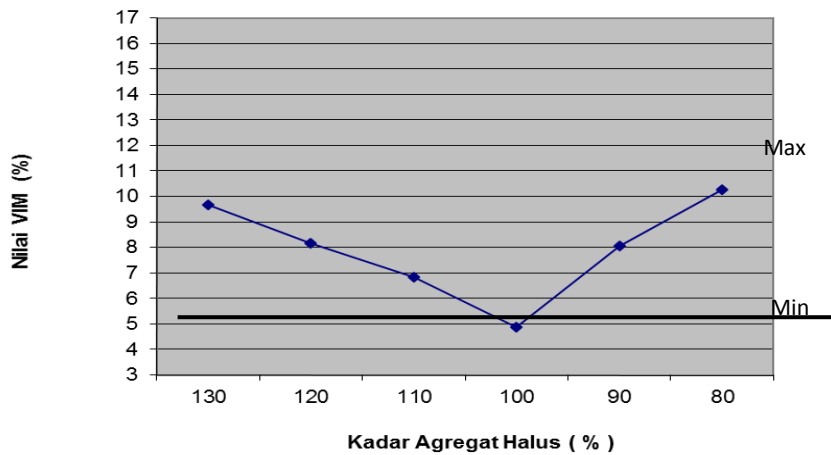


Gambar 5. Hubungan Agregat Halus dengan VMA

Hasil pemeriksaan menunjukkan mengurangi 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 mampu menutupi rongga yang ada dalam 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. 14 %.

*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

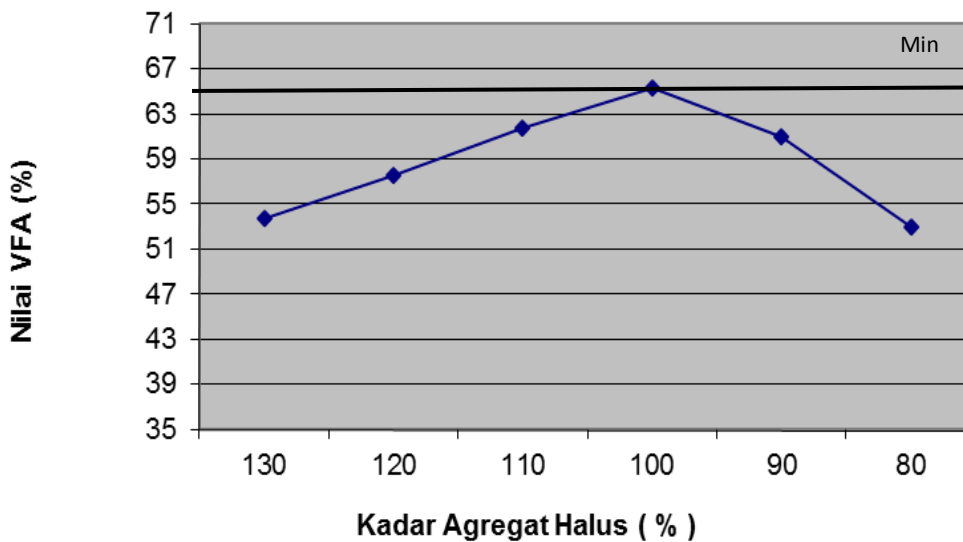
menyebabkan mudah teroksidasi mengurangi keawetannya. Nilai *VIM* dapat dilihat pada gambar 6 dibawah ini:



Gambar 6. Hubungan Agregat Halus dengan *VIM*

Hasil pemeriksaan menunjukkan mengurangi 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 berkurang, 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, 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.

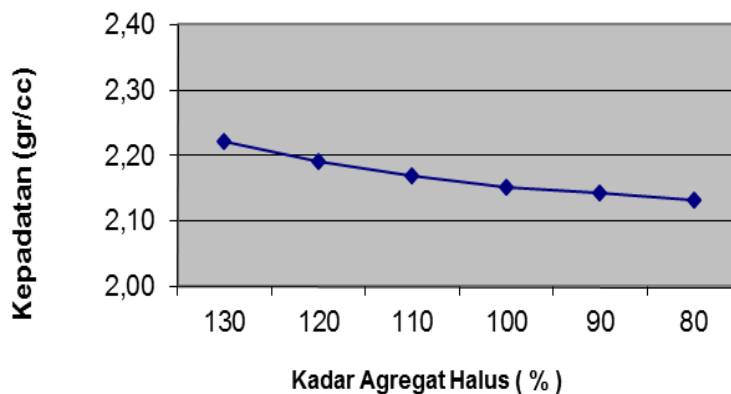
*Void filled with Asphalt (VFA)* yaitu rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami pemadatan yang dinyatakan dalam persen campuran setelah mengalami proses pemadatan terhadap rongga butiran agregat (*VMA*), sehingga nilai *VFA* dengan *VMA* mempunyai kaitan yang erat, faktor-faktor yang mempengaruhi *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 7 dibawah ini:



Gambar 7. Hubungan Agregat Halus dengan *VFA*

Hasil pemeriksaan menunjukkan mengurangi 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, 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. 63 %.

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 8 dibawah ini :



Gambar 8. 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.

#### 4. Kesimpulan dan Saran

##### 4.1. 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.

##### 4.2. Saran

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



**Daftar Pustaka**

- Balai Pengujian Kanwil PU Prop. Sumbar. *Bahan Kursus Asphalt Mix Training Program*. Puslitbang Jalan Bandung. Dinas Pekerjaan Umum. 2000.
- Kimpraswil. *Spesifikasi Campuran Beraspal Panas*. Seksi 6.3. 2003.
- Kimpraswil. *Manual Pekerjaan Campuran Beraspal Panas*. Buku I. 2004.
- Kimpraswil. *Manual Pekerjaan Campuran Beraspal Panas*. Buku I b. 2004.
- Standar Nasional Indonesia. *Pengujian Campuran Beraspal dengan alat Marshall*. AASHTO T-245-1978. SNI-06-2489-1991. 1991.
- Silvia, S. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung. Nova. 1999.
- Suprpto, T. *Model Rancangan Campuran Agregat Aspal Untuk Uji Marshall*. Yogyakarta. Media Teknik FT-UGM. 1998.
- The Asphalt Institute. *Construction of Hot Mix Asphalt Pavement*. Manual series No. 22. Second Edition. Kentucky. Asphalt Institute Lexington. 2001.
- Totomihardjo, S. *Bahan dan Struktur Jalan Raya*. Edisi Ketiga. Yogyakarta. Biro Penerbit Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada. 2004.