

STUDI EKSPERIMEN PENGGUNAAN VARIASI AGREGAT BANTAK (MERAPI) DAN MATERIAL LOKAL MENGGUNAKAN BITUMEN SHELL (SINGAPORE) PADA LALU LINTAS BERAT

Endaryanta¹

^{1,2} Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan, FT-UNY

ABSTRACT

Road engineering is one of the main problem in this country. Rigid pavement frequently defective before load capacity of performance exceeded. Necessary innovation so that the use of material obtained bituminous materials have good performance. This research carried out of Bantak Merapi as Main materials, combined with local materials Progo and shell Singapore as cementitious materials on flexible pavement to weight load. The Research method used is experiment laboratory with 3 (three) varians (Bantak 100%; Bantak coarse agregat; fine and filler agregat from Progo; coarse and fine agregate Progo; and bantak as filler), each varians consist of 15 samples. Variation of cementitious bitumen are 5%; 5,5%; 6%; and 7% respectively. All specimen have been tested using Marshall laboratory test (dencity; stability; flow; Void in Mix (VIM); Void Filled Bitumen (VFB); Void in Mineral Agregate (VMA); and Marshall Quotient (MQ). Test result showed that values of density; stability; flow; Void In Mix (VIM); Void Filled Bitumen (VFB); Void Minerals Agregat (VMA) and Marshall Quotient were the results 2.16gr/cc; 1230,4kg; 3,42mm; 8,19%; 46,2%; 15,3% dan 376,2 kg/mm respectively. The effective of proportion mix for flexible pavement are Bantak coarse agregate, fine and filler Progo (based on flow values, Void filled bitumen and Marshall Quotient).

Kata kunci: Aspal, Bantak, Merapi, Marshall.

PENDAHULUAN

Jalan adalah salah satu prasarana transportasi yang penting dalam menunjang pertumbuhan ekonomi nasional maupun daerah. Dengan adanya prasana yang baik, pertumbuhan perekonomian khususnya di daerah dapat meningkat. Permasalahan saat ini adalah tentang kondisi masa layan jalan yang tidak dapat bertahan lama. Banyak ditemui kasus bahwa tingkat layanan jalan hanya kurang dari 2 tahun (padahal umur rencana layan jalan 5 tahun), sehingga menyebabkan terhambatnya laju roda perekonomian masyarakat di daerah (khususnya), yang jarang mendapatkan perhatian pemerintah pusat. Terlebih lagi di luar Jawa, banyak kondisi jalan yang tidak layak pakai (berdasarkan hasil Survey Kondisi Jalan (SKJ) dan survey *destructive test* dengan menggunakan sample *core test* di beberapa ruas jalan nasional) di Indonesia.

Beberapa inovasi dilakukan agar didapatkan kualitas bahan perkerasan jalan yang memenuhi syarat (terutama untuk lalu lintas berat). Contoh inovasi dalam hal perkerasan jalan adalah tentang penggunaan material (agregat kasar, halus dan *filler*) sebagai bahan utama pembuatan sample pemeriksaan mutu jalan (Marshall). Inovasi ini adalah dengan memvariasi penggunaan campuran bahan perkerasan, dengan mensubstitusi (mengkombinasikan) beberapa agregat dengan mutu menengah (Bantak) dengan agregat yang mempunyai karakteristik baik (Progo). Tujuan hal tersebut di atas adalah agar pembangunan jalan raya tidak mengeksploitasi agregat kasar ataupun halus secara berlebihan. Hal ini senada dengan langkah beberapa ahli di bidang teknik, tentang penggunaan material ramah lingkungan, pemanfaatan limbah untuk dijadikan bahan perkerasan, dan sebagainya.

Yogyakarta merupakan daerah dengan potensi pariwisata yang maju dan terus berkembang dan menunjukkan tren positif di wisatawan domestic dan mancanegara. Yogyakarta menyimpan kandungan unsur material yang melimpah, salah satunya adalah Agregat Bantak hasil erupsi Merapi. Agregat Bantak adalah material berpori dengan tingkat

kekerasan rendah. Volume material ini amat besar, akan tetapi tidak banyak dimanfaatkan untuk keperluan pembangunan Infrastruktur/konstruksi. Upaya untuk meningkatkan kinerja agregat ini adalah dengan mengkombinasikan agregat Bantak dengan material lokal (misal dari sungai Progo). Beberapa hasil penelitian membuktikan bahwa kelemahan penggunaan agregat Bantak sebagai bahan perkerasan jalan ialah: *flow* yang rendah, nilai VFB, VMA, dan MQ yang kurang dari persyaratan standar mutu SNI 03-1737-1989, sehingga harus dilakukan perbaikan dengan mem-variasi komposisi material perkerasan.

Penelitian ini memvariasikan penggunaan agregat Bantak dengan material Progo (Sebagai agregat kasar) dan *filler* Progo, serta variasi antara penggunaan agregat kasar Progo, dan *filler* Bantak. Dengan adanya variasi material tersebut, diharapkan akan didapatkan komposisi optimum agar didapat beton aspal yang baik. Agar sasaran penelitian tercapai, maka disusun strategi metode penelitian yang meliputi: analisis bahan baku (sifat kimia, fisik, dan mekanik), uji coba campuran beraspal panas di laboratorium dari berbagai proporsi campuran dan kadar aspal dan Uji Marshall. Rumusan Masalah pada penelitian ini adalah (1) Bagaimanakah karakteristik campuran beton aspal padat menggunakan agregat Bantak dan material lokal dengan bahan pengikat agregat aspal Shell melalui Uji Marshall (kepadatan, stabilitas, *flow*, VFB, VIM, VMA, MQ); (2) Bagaimanakah komposisi variasi material yang efektif menggunakan material Bantak dan lokal untuk bahan perkerasan jalan ditinjau berdasarkan hasil uji laboratorium?

Sedangkan untuk Tujuan Penelitian ini adalah untuk: (1) Mengetahui karakteristik campuran beton aspal padat ditinjau dari metode pengujian Marshall yang menggunakan agregat Bantak dan Progo dengan bahan pengikat agregat aspal Shell (kepadatan Marshall, stabilitas Marshall, VIM, VFB, VMA); (2) Mengetahui komposisi variasi material yang efektif, apabila digunakan untuk perkerasan jalan berdasarkan hasil uji laboratorium.

Definisi Operasional Variabel

1. Variabel Bebas: Variasi kadar aspal (5%; 5,5%; 6%; 6,5%; dan 7%).
2. Variabel terikat : Berat Jenis agregat, Nilai stabilitas Marshall, *flow*, VIM, VFB, VMA, MQ.
3. Variabel Kontrol : asal dan kondisi agregat, persentase agregat dalam campuran (Bantak & material lokal Progo), spesifikasi aspal yang digunakan, cara pembuatan benda uji, metode pengujian, suhu ruang, dan keausan agregat.
Komposisi asal & persentase agregat dibuat dalam 3 variasi:
Variasi 1 = Agregat Bantak 100%
Variasi 2 = Agregat kasar Bantak, agregat Halus & filler Progo.
Variasi 3 = Agregat kasar dan halus Progo, filler Bantak.

KAJIAN PUSTAKA

Beton Aspal

Beton Aspal (*Hotmix*) adalah campuran agregat halus dengan agregat kasar, dan bahan pengisi (*Filler*) dengan bahan pengikat aspal dalam kondisi suhu panas tinggi pada komposisi yang diteliti dan diatur oleh spesifikasi teknis. Berdasarkan bahan yang digunakan dan kebutuhan desain konstruksi jalan aspal beton dibedakan dalam beberapa jenis : *Binder Course* (BC), *Asphalt Traeted Base* (ATB), *Hot Roller Sheet* (HRS) atau Laston / laston, *Fine Grade* (FG), *Sand Sheet*, *Wearing Course* (ACWC) atau *Laston* tebal minimum 4cm digunakan sebagai lapis permukaan jalan dengan lalu lintas berat.

Aspal Beton (*Hotmix*) secara luas digunakan sebagai lapisan permukaan konstruksi jalan dengan lalu lintas berat, sedang, ringan dan lapangan terbang. Dalam kondisi segala macam cuaca dan kelebihan aspal beton *hotmix* antara lain: (1) Waktu pekerjaan yang relatif sangat cepat sehingga terciptanya efisiensi waktu; (2) Lapisan konstruksi Aspal beton tidak responsif terhadap air; (3) Dapat dilalui kendaraan setelah pelaksanaan penghamparan; (4) Mempunyai sifat *flexible* sehingga mempunyai kenyamanan bagi pengendara; (5) Pemeliharaan

yang mudah dan murah; (6) Stabilitas tinggi sehingga dapat menahan beban lalu lintas tanpa deformasi.

Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya berupa hasil alam atau buatan. Sedangkan secara umum agregat dikenal sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat, (Sukirman, 2003). Menurut Bina Marga (2002), agregat dibagi menjadi 3 jenis (menurut ukuran): (1) Agregat Kasar, berukuran lebih besar dari 4,75 mm (ayakan no.4); (2) Agregat Halus, berukuran lebih halus dari saringan no. 4 (4,75 mm); (3) Bahan Pengisi (*filler*), bagian dari agregat halus yang minimum 75% lolos saringan no.200 (0,075 mm). Sedangkan menurut *The Asphalt Institut* dan Depkimpraswil (2002): (1) Agregat Kasar, berukuran butir lebih besar dari saringan no. 8 (2,36 mm); (2) Agregat Halus, berukuran butir lebih halus dari saringan no.8 (2,36 mm); (3) Bahan Pengisi (*filler*), agregat halus yang lolos saringan no. 30 (0,60 mm).

Sifat agregat merupakan salah satu faktor penentu kemampuan perkerasan jalan memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca. Sifat agregat itu ialah : gradasi, kebersihan, kekerasan, dan ketahanan agregat, bentuk butir, tekstur permukaan, porositas, kemampuan menyerap air, BJ dan daya lekat terhadap aspal. Gradasi agregat merupakan sifat yang sangat luas pengaruhnya terhadap kualitas perkerasan secara keseluruhan. Ukuran butir agregat menurut SNI 03-1968-2002 dan AASHTO T27-88 disajikan pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Ukuran Butir Agregat

| Ukuran Saringan | Bukaan (mm) | Ukuran Saringan | Bukaan (mm) |
|-----------------|-------------|-----------------|-------------|
| 4 inci | 100 | 3/8 inci | 9,5 |
| 3 ½ inci | 90 | No.4 | 4,75 |
| 3 inci | 75 | No.8 | 2,36 |
| 2 ½ inci | 63 | No.16 | 1,18 |
| 2 inci | 50 | No.30 | 0,6 |
| 1 ½ inci | 37,5 | No.50 | 0,3 |
| 1 inci | 25 | No.100 | 0,15 |
| ¾ inci | 19 | No.200 | 0,075 |
| ½ inci | 12,5 | | |

Berat Jenis (BJ) Agregat

BJ agregat adalah perbandingan berat volume agregat dengan berat volume air.



Gambar 1. Skema Volume Butir Agregat
(Sumber: Sukirman, 2003)

Pada Gambar 1 di atas terlihat skema volume butir agregat, yang terdiri dari volume agregat massif (V_s), volume pori yang tidak dapat diresapi oleh air (V_i), volume pori yang diresapi air (V_p+V_c), dan volume pori yang dapat diresapi aspal (V_c).

$$V_s+V_p+V_i+V_c = \text{volume total butir agregat}$$

$V_p+V_i+V_c$ = volume pori agregat

Besarnya berat jenis efektif = $B_k : (B_j - B_a)$(1)

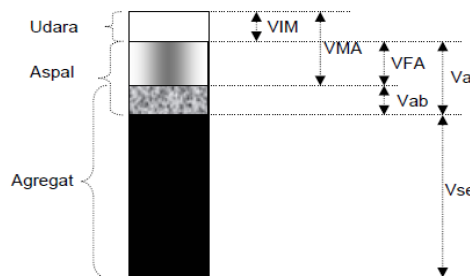
Keterangan: (1) B_k = berat benda uji kering oven, dalam gram; (2) B_j = berat benda uji kering permukaan jenuh, dalam gram; (3) B_a = berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air, dalam gram; (4) Standar cara ukur BJ agregat halus ialah SNI 03-1969-1990; SK SNI M-09-1989-F atau AASHTO T84-88.

Sifat Volumetrik dari Campuran Beton Aspal

Beton aspal dibentuk dari agregat, aspal, dan atau tanpa bahan tambahan, yang dicampur secara merata atau homogen di instalasi pencampuran pada suhu tertentu. Campuran kemudian dihamparkan dan dipadatkan, sehingga berbentuk beton aspal padat. Secara analitis, dapat ditentukan sifat volumetrik dari beton aspal padat (pemadatan di laboratorium / di lapangan). Parameter yang digunakan adalah:

1. V_{mb} : Volume bulk dari beton padat.
2. V_{sb} : Volume agregat, adalah volume bulk dari agregat (volume bagian massif + pori yang ada di dalam masing-masing butir agregat).
3. V_{se} : Volume agregat, adalah volume efektif dari agregat (volume bagian massif + pori yang tidak terisi aspal di dalam masing-masing butir agregat).
4. VMA: Volume pori di antara butir agregat campuran, dalam beton aspal padat, termasuk yang terisi oleh aspal, (*void in the mineral aggregate*).
5. V_{mm} : Volume tanpa pori dari beton aspal padat.
6. VIM: Volume pori beton aspal padat (*void in mix*).
7. VFA: Volume pori beton aspal padat yang terisi oleh aspal (*volume of voids filled with asphalt*).
8. V_{ab} : Volume aspal yang terabsorpsi kedalam agregat dari beton aspal padat
9. Tebal film aspal: Tebal film aspal atau selimut aspal.

Secara skematis terlukis dalam Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Skematis Berbagai Jenis Volume Beton Aspal
(Sumber: Sukirman, 2003)

Parameter dan Formula Perhitungan

Parameter dan formula untuk menganalisa campuran aspal panas (Sukirman, 2003) adalah sebagai berikut:

1. Berat jenis kering (*bulk specific gravity*) dari total agregat.
2. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*) dari total agregat
3. Berat Jenis Efektif Agregat
4. Berat Jenis Maksimum Campuran
5. Berat Jenis Bulk Campuran Padat
6. Penyerapan Aspal
7. Kadar Aspal Efektif
8. Rongga di antara mineral agregat (*Void in the Mineral Agregat/VMA*)
 - a. Terhadap Berat Campuran Total

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}} \dots\dots\dots(2)$$

b. Terhadap Berat Agregat Total

$$VMA = 100 - \left(\frac{G_{mb}}{G_{sb}} \times \frac{100}{100 + P_b} \times 100 \right) \dots\dots\dots(3)$$

9. Rongga di dalam campuran (*Void In The Compacted Mixture/ VIM*)

$$VIM = 100 \times \left(\frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \right) \dots\dots\dots(4)$$

10. Rongga udara yang terisi aspal (*Voids Filled with Bitumen/ VFB*)

$$VFB = \frac{100(VMA - VIM)}{VMA} \dots\dots\dots(5)$$

11. Stabilitas

Nilai stabilitas diperoleh berdasarkan nilai yang ditunjukkan jarum dial gaya pada alat uji Marshal. Satuan stabilitas adalah Lbf (*pound force*), atau kg.

12. *Flow*

Nilai *flow* berdasarkan bacaan jarum dial. Satuan *flow* adalah mm (milimeter).

13. Hasil Bagi Marshall

Hasil bagi Marshall atau *Marshall Quotient (MQ)* merupakan hasil pembagian dari stabilitas dengan kelelahan:

$$MQ = \frac{M_s}{M_f} \dots\dots\dots(6)$$

METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

Penelitian ini adalah bersifat eksperimen. Eksperimen menggunakan 45 benda uji yang mewakili dari: 3 variasi komposisi agregat campuran (100% Bantak, agregat Progo, kombinasinya), dan 5 variasi kadar aspal, dengan masing-masing 3 benda uji. Tempat Pembuatan benda uji (*specimen*), Uji sifat mekanik, Uji Marshal, semua dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan, Fakultas Teknik, UNY.

Prosedur Penelitian

Penelitian eksperimen ini dilakukan dengan prosedur di bawah ini. (1) Persiapan alat dan bahan; (2) Pengujian awal material; (3) Pengujian bahan bitumen (Penetrasi, titik lembek, titik nyala dan bakar, BJ); (4) Pengujian agregat kasar dan halus (gradasi, keausan, berat jenis, SSD); (5) Pengujian BJ *filler*; (6) Pembuatan benda uji Marshall (45 buah) @3buah untuk setiap kadar aspal rencana (5%; 5.5%; 6%; 6.5%, 7%), pada 3 variasi komposisi agregat; (7) Perawatan benda uji; (8) Analisis data, pembahasan dan kesimpulan.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah : (1) Agregat bantak dari Merapi; Aspal Shell (Singapura), (3) Agregat halus dari Pasir Sungai Progo.

Peralatan Pengujian

Digunakan alat alat: (1) Saringan (standar SNI-M-02-1994-2003 atau AASHTO T11-90), digunakan untuk memisahkan agregat halus gradasi pasir; (2) Oven. (3) Pengaduk campuran beton aspal (untuk mengaduk campuran agar homogen). (4) Alat pemeriksaan agregat: terdiri dari mesin *Los Angeles* (uji abrasi) berdasarkan SNI-03-2417-1991 atau AASHTO T96-87, saringan standar, oven, bak perendam, timbangan, dan alat uji berat jenis dan penyerapan; (5) Alat pemeriksaan aspal: Terdiri dari pikometer, timbangan, alat uji penetrasi, destilasi, alat uji muatan partikel, dan bak perendaman; (6) Alat uji karakteristik campuran beton aspal (Marshall).

Cara Penentuan Contoh

Pengujian Marshall dilakukan untuk 45 benda uji. Masing-masing 3 benda uji, ada 3 variasi komposisi jenis material, ada 5 variasi kadar aspal (5%; 5,5%; 6%; 6,5% 7%) aspal Shell, total = $3 \times 3 \times 5 = 45$ benda uji. (periksa Tabel 2 berikut).

Tabel 2. Skema Pengujian Marshall

| No | Jenis Material | Jenis Aspal | Kadar Aspal | Jumlah Benda Uji |
|--------------|--|-------------|--------------------------|-------------------------|
| 1 | Agregat Bantak 100% (kasar, halus, filler) | Shell | 5%; 5,5%; 6%;6,5%; 7% | 15 @ 3buah benda uji |
| 2 | Bantak (Agregat kasar) dan Progo (Agregat halus) & Filler Progo | Shell | 5%; 5,5%; 6%;6,5%; 7% | 15 @ 3buah benda uji |
| 3 | Progo (Agregat kasar dan halus), Filler Bantak | Shell | 5%; 5,5%; 6%;6,5%; 7% | 15 @ 3buah benda uji |
| Jumlah Total | | | | 45 Benda Uji |

Cara Pengambilan Data

Langkah-langkah eksperimen untuk mendapatkan data uji adalah sebagai berikut:

Pengujian Penetrasi Aspal (SNI 06-2456-1991 dan AASHTO T49-02)

Pengujian kekerasan aspal dilakukan dengan pengujian penetrasi, yaitu menggunakan jarum penetrasi berdiameter 1mm dan beban 50gram. Berat jarum dan beban menjadi 100gram. Nilai penetrasi jarum beserta beban, yang masuk ke dalam contoh aspal selama 5 detik dan dilakukan pada suhu 25°C di baca pada arloji pengukur dalam satuan 0,1mm. (RSNI03 4798 : 2008 SNI 06-2456).

Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal dengan cawan *cleveland*

Pengujian titik nyala dan titik bakar berguna untuk mengetahui temperatur dimana aspal mulai menyala, dan temperatur dimana aspal mulai terbakar. Data ini penting dalam proses pencampuran demi keselamatan dalam bekerja. Pengujian dilakukan dengan mencetak contoh semen aspal didalam cawan kuningan *Cleveland*. Cawan diletakkan diatas pelat pemanas dan dimasukkan termometer. Temperatur dimana aspal terlihat menyala singkat merupakan temperatur titik nyala, dan temperatur dimana aspal mulai menyala selama minimal 5 detik dinamakan titik bakar. (SNI-06-2433-1991).

Pengujian Titik Lembek Aspal

Titik lembek adalah temperatur dimana aspal mulai menjadi lembek, yang ditunjukkan oleh jatuhnya lempengan contoh aspal akibat beban kelereng baja diatasnya. Uji titik lembek bertujuan untuk menentukan jenis aspal yang digunakan berdasarkan temperatur pada suatu tempat. Kepekaan aspal terhadap suhu terjadi karena aspal adalah material *termoplastis* yang berarti akan menjadi lembek jika suhu bertambah. (SNI 06-2434-1991).

Pengujian Karakteristik Marshall

Peralatan pada uji Marshall adalah : (1) Tiga buah cetakan benda uji diameter 10, 16 dan tinggi 7,62cm; (2) mesin penumbuk manual dan otomatis; (3) Ejektor benda uji; (4) Alat marshall; (5) Oven yang dilengkapi pengukur suhu. Proses Pengujian Marshall: (1) Rendam benda uji kedalam bak perendam untuk aspal padat, untuk aspal cair menggunakan oven; (2) mengeluarkan benda uji dari bak atau oven, dan pasang segmen atas di atas benda uji, kemudian pasang arloji pengukur alir (*flow*) pada kedudukannya; (3) memberikan beban dengan kecepatan 50mm/menit sampai pembebanan maksimum tercapai; (4) catat nilai akhir *flow* (baca dial *flow*) ketika beban maksimum tercapai.

Pengujian Berat Jenis Beton Aspal

Metode pengujian BJ beton aspal menurut SNI 03-1969-1990 adalah : (1) Mengisi bejana dengan air suling diperkirakan bagian atas piknometer yang tidak terendam 40mm; (2) Angkat bejana dari bak, kemudian mengisi piknometer dengan air suling; (3) Panaskan bitumen 100gram, sampai cair, lalu diaduk agar panas merata, sampai suhu 110°C; (4) mengangkat

bejana dari bak perendam dan letakkan piknometer didalamnya kemudian penutup ditekan rapat. Masukkan dan diamkan bejana ke dalam bak perendam selama sekitar 30 menit. Angkat, keringkan dan timbang piknometer; (5) Berat Jenis dihitung dengan:

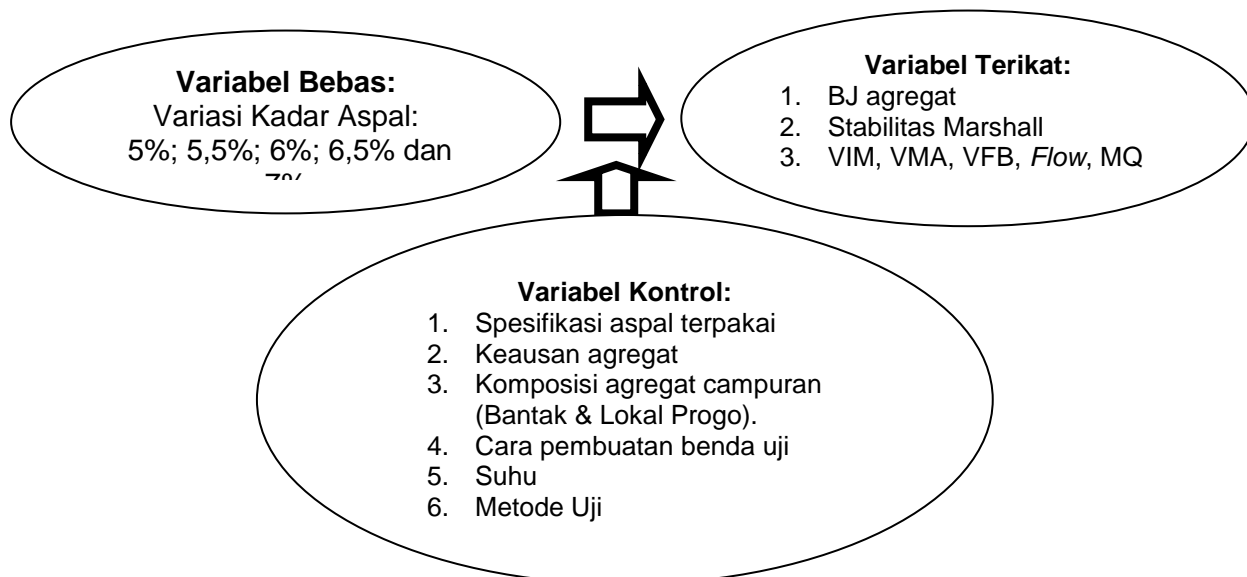
$$\delta = \frac{C - A}{(B - A) - (D - C)} \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan:

δ = berat jenis aspal; A = Berat piknometer (gram); B = Berat piknometer berisi air (gram); C = Berat piknometer berisi aspal (gram); D = berat piknometer berisi aspal dan air (gram).

Pengendalian Eksperimen

Pada pengujian eksperimen ini, variabel yang dikendalikan adalah sebagai berikut.



Gambar 3. Pengendalian Eksperimen

Metode Analisis Data

Setelah pengujian eksperimental dilaksanakan, data yang diperoleh dianalisis dengan metode statistik deskriptif kuantitatif, dan selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan Aspal

Berikut hasil pemeriksaan aspal laboratorium, seperti disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Aspal *Shell* AC 60/70

| No | Jenis Pemeriksaan | Spesifikasi | Aspal Shell | Satuan |
|----|---------------------------|-------------|-------------|----------------|
| 1 | Penetrasi 25 ^o | 60 - 79 | 68,20 | mm |
| 2 | Titik Lembek | 48 - 58 | 55,50 | ^o C |
| 3 | Titik Nyala | ≥ 200 | 290,00 | ^o C |
| 4 | Titik Bakar | - | 321,33 | ^o C |
| 5 | Berat Jenis | ≥ 1 | 1,05 | gr/cc |

Pemeriksaan Agregat Bantak dan Progo

Hasil pengujian terhadap agregat kasar Bantak, Agregat halus Progo dan *filler* Progo, disajikan pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Agregat Bantak dan Progo

| No | Jenis Pemeriksaan | Sat. | Persyaratan | Rerata |
|----|-------------------|------|-------------|--------|
|----|-------------------|------|-------------|--------|

| Agregat kasar Bantak | | | Min | Max | |
|----------------------|---------------------------|-------|-------------|-----|--------|
| 1 | Abrasi | % | - | 40 | 30,18 |
| 2 | Berat Jenis Curah (Bulk) | gr/cc | 2,5 | - | 2,28 |
| 3 | Berat Jenis Semu | gr/cc | 2,5 | - | 2,51 |
| 4 | Penyerapan air (absorpsi) | % | - | 3 | 4,01 |
| No | Jenis Pemeriksaan | Sat. | Persyaratan | | Rerata |
| Agregat halus Progo | | | Min | Max | |
| 1 | Berat jenis curah (bulk) | gr/cc | 2,5 | - | 2,75 |
| 2 | Berat jenis semu | gr/cc | 2,5 | - | 2,77 |
| 3 | Penyerapan air/absorpsi | % | - | 3 | 0,25 |
| No | Jenis Pemeriksaan | Sat. | Persyaratan | | Rerata |
| Filler Progo | | | Min | Mak | |
| 1 | Berat jenis | gr/cc | 2,5 | - | 2,44 |

Hasil Pengujian Marshall

Hasil pengujian Marshall menggunakan agregat kasar Bantak, Agregat halus dan *Filler Progo*, ditunjukkan pada Tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Hasil Pengujian Marshall

| No | Jenis Pemeriksaan | Spesifikasi | Kadar Aspal (%) | | | | |
|----|-------------------------------|-------------|-----------------|--------|----------|----------|----------|
| | | | 5 | 5,5 | 6 | 6,5 | 7 |
| 1 | Density (gr/cm ³) | - | 2,18 | 2,13 | 2,15 | 2,18 | 2,20 |
| 2 | VMA (%) | >13 | 15,50 | 18,02 | 17,73 | 16,81 | 16,63 |
| 3 | VFB (%) | >60 | 50,51 | 45,78 | 52,90 | 62,55 | 68,63 |
| 4 | VIM (%) | 3,5 – 5,5 | 7,96 | 9,78 | 8,50 | 6,50 | 5,34 |
| 5 | Stabilitas (kg) | >800 | 930,24 | 611,08 | 1.311,37 | 1.211,45 | 1.686,57 |
| 6 | Flow (mm) | >3 | 2,347 | 1,637 | 2,54 | 3,03 | 3,23 |
| 7 | MQ (kg/mm) | >250 | 396,41 | 373,37 | 516,29 | 399,38 | 521,62 |

Pembahasan

Pemeriksaan Aspal

Pemeriksaan aspal mulai dari : penetrasi aspal, titik lembek aspal, titik nyala & titik bakar aspal, dan Berat Jenis aspal, ternyata semua memenuhi syarat Standar Nasional Indonesia (SNI).

Pemeriksaan Agregat Agregat Kasar

Hasil pengujian agregat kasar Bantak dan Progo memperoleh nilai : berat jenis curah > 2,00gr/cc. Untuk uji Los Angeles, didapatkan nilai keausan rata-rata 25,08% (< 40%, syarat di SNI), sehingga agregat ini dapat digunakan untuk pengujian Marshall.

Agregat Halus

Hasil pengujian agregat halus untuk agregat Bantak dan Progo memenuhi persyaratan berat jenis SNI 03-1737-1989, yaitu minimal 2,00gr/cc.

Filler

Hasil pengujian berat jenis filler sebesar 2,306 dengan suhu ruang 25^oC. Ini sesuai SNI 03-1969-1990, BJ filler minimum 2,0.

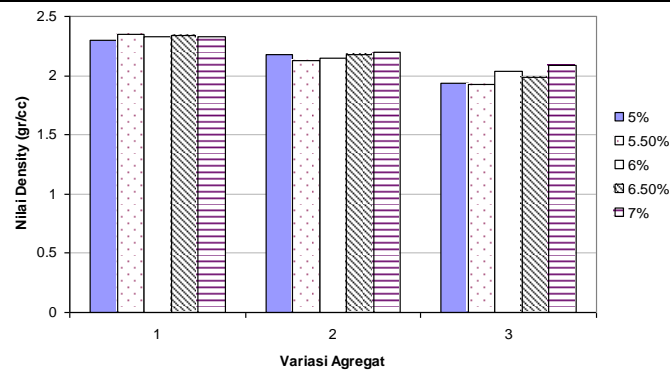
Pengujian Marshall

Kepadatan (density)

Kepadatan merupakan tingkat kerapatan campuran setelah dipadatkan. Campuran yang mempunyai kepadatan tinggi, akan menahan beban lebih besar, dibandingkan dengan kepadatan rendah. Hasil perhitungan kepadatan seperti pada Tabel 6 di bawah ini.

Tabel 6. Hasil Analisis Kepadatan (*Density*)

| Nota si | Benda Uji | Kadar Aspal (%) | Agregat Bantak | Agregat Kasar Bantak, Halus & Filler Progo | Agregat Kasar & halus Progo, Filler Bantak |
|---------|-----------|-----------------|------------------------------|--|--|
| | | | Nilai <i>Density</i> (gr/cc) | Nilai <i>Density</i> (gr/cc) | Nilai <i>Density</i> (gr/cc) |
| I | 1,2,3 | 5 | 2,30 | 2,18 | 1,94 |
| II | 1,2,3 | 5.5 | 2,35 | 2,13 | 1,93 |
| III | 1,2,3 | 6 | 2,33 | 2,15 | 2,04 |
| IV | 1,2,3 | 6.5 | 2,34 | 2,18 | 1,99 |
| V | 1,2,3 | 7 | 2,33 | 2,20 | 2,09 |



Gambar 4. Grafik Hubungan antara Density dan Variasi Agregat

Keterangan: (1) Var. Agregat 1: Agregat Bantak 100%; (2) Var. Agregat 2: Agregat kasar Bantak, Halus dan *filler* Progo; Var. Agregat 3: Agregat kasar dan halus Progo, *filler* Bantak

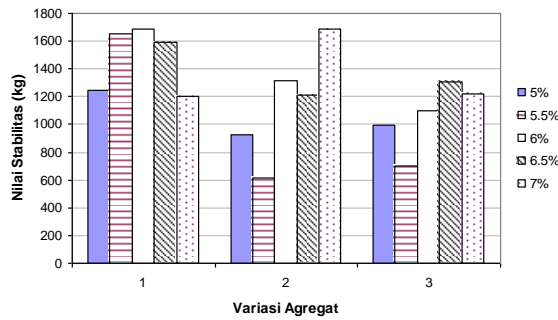
Dari hasil tersebut, nilai *density* (kepadatan) terendah adalah pada variasi agregat kasar Progo dan *filler* Bantak dengan kadar aspal 5,5% sebesar 1,93gr/cc. Berdasarkan hasil pengujian di atas, menunjukkan bahwa Penggunaan Agregat Bantak 100%, mempunyai nilai *density* terbaik dikarenakan Agregat Bantak mengalami pemadatan yang sempurna ketika dilakukan pembebanan 112 kali di laboratorium. Partikel atau butiran agregat menyatu dan padat, sehingga terbentuk suatu kerapatan yang lebih baik dibandingkan dengan komposisi agregat yang lain.

Stabilitas

Stabilitas merupakan kemampuan lapis perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas di atasnya, tanpa mengalami perubahan bentuk gelombang dan alur. Satuan nilai stabilitas ialah kg.

Tabel 7. Hasil Analisis Stabilitas

| Nota si | Nomor Benda Uji | Kadar Aspal (%) | Agregat Bantak semua | Agregat Kasar bantak, Halus & <i>Filler</i> Progo | Agregat Kasar&halus Progo, <i>Filler</i> Bantak |
|---------|-----------------|-----------------|----------------------|---|---|
| | | | Stabilitas (kg) | Stabilitas (kg) | Stabilitas (kg) |
| I | 1,2,3 | 5 | 1242,28 | 930,24 | 998,74 |
| II | 1,2,3 | 5.5 | 1656,52 | 611,08 | 700,95 |
| III | 1,2,3 | 6 | 1684,59 | 1.311,37 | 1.099,36 |
| IV | 1,2,3 | 6.5 | 1592,13 | 1.211,46 | 1.306,42 |
| V | 1,2,3 | 7 | 1202,77 | 1.686,57 | 1.221,73 |



Gambar 5. Grafik Hubungan antara Stabilitas dan Variasi Agregat

Keterangan: (1) Var. Agregat 1: Agregat Bantak 100%; (2) Var. Agregat 2: Agregat kasar Bantak, Halus dan filler Progo; (3) Var. Agregat 3: Agregat kasar dan halus Progo, filler Bantak

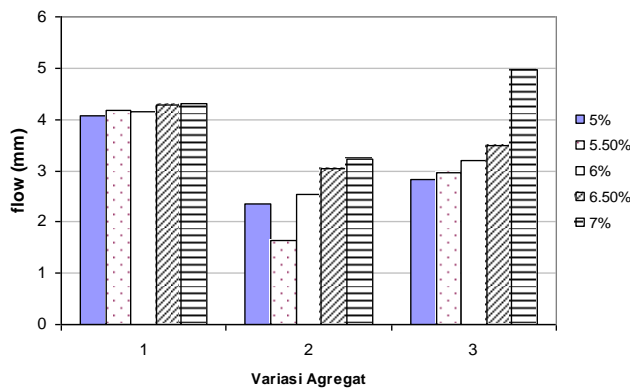
Nilai stabilitas terendah adalah pada variasi agregat kasar Bantak dan Progo, filler Progo, dengan kadar aspal 5,5%. Berdasarkan Revisi SNI-03-1737-1989 tentang ketentuan sifat-sifat campuran laston, stabilitas minimum untuk lalu lintas berat yaitu 800kg.

Flow

Merupakan besarnya penurunan atau deformasi yang terjadi, besarnya *flow* seperti pada Tabel 8 di bawah ini.

Tabel 8. Hasil Analisis *Flow* (mm)

| Notasi | Nomor Benda Uji | Kadar Aspal (%) | Agregat Bantak | Agregat Kasar bantak, Halus & Filler Progo | Agregat Kasar & halus Progo, Filler Bantak |
|--------|-----------------|-----------------|------------------|--|--|
| | | | <i>Flow</i> (mm) | <i>Flow</i> (mm) | <i>Flow</i> (mm) |
| I | 1,2,3 | 5 | 4,07 | 2,35 | 2,82 |
| II | 1,2,3 | 5.5 | 4,17 | 1,64 | 2,97 |
| III | 1,2,3 | 6 | 4,15 | 2,54 | 3,20 |
| IV | 1,2,3 | 6.5 | 4,27 | 3,03 | 3,50 |
| V | 1,2,3 | 7 | 4,32 | 3,23 | 4,97 |



Gambar 6. Grafik Hubungan antara *Flow* dan Variasi Agregat

Keterangan: (1) Var. Agregat 1: Agregat Bantak 100%; (2) Var. Agregat 2: Agregat kasar Bantak, Halus dan filler Progo; (3) Var. Agregat 3: Agregat kasar dan halus Progo, filler Bantak

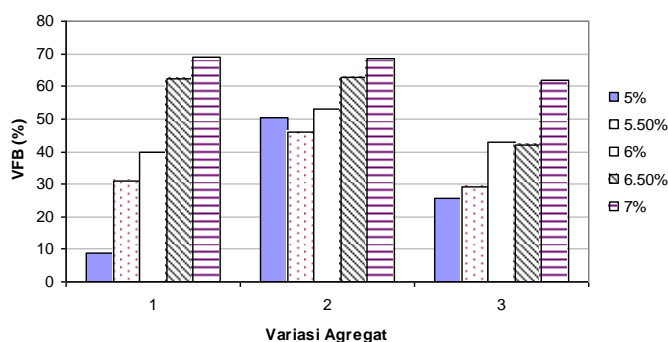
Nilai *flow* terendah adalah pada variasi agregat kasar Bantak dan Progo, filler Progo, dengan kadar aspal 5,5% sebesar 1,64 mm. Campuran yang mempunyai *flow* yang tinggi cenderung plastis, mudah berubah bentuk apabila terkena beban lalu lintas. Pada penelitian ini, *flow* yang paling baik adalah pada kadar aspal 5,5% dengan variasi agregat kasar Bantak dan Progo, filler Progo.

Void Filled Bitumen

Merupakan prosentase rongga udara yang terisi aspal pada campuran yang telah mengalami pemadatan. Besarnya VFB seperti pada Tabel 9 di bawah.

Tabel 9. Void Filled Bitumen (VFB)

| Notasi | Nomor Benda Uji | Kadar Aspal (%) | Agregat Bantak | Agregat Kasar bantak, Halus & Filler Progo | Agregat Kasar & halus Progo, Filler Bantak |
|--------|-----------------|-----------------|----------------|--|--|
| | | | VFB (%) | VFB (%) | VFB (%) |
| I | 1,2,3 | 5 | 9,03 | 50,51 | 25,73 |
| II | 1,2,3 | 5.5 | 31,07 | 45,78 | 28,99 |
| III | 1,2,3 | 6 | 39,56 | 52,90 | 42,82 |
| IV | 1,2,3 | 6.5 | 62,12 | 62,55 | 41,90 |
| V | 1,2,3 | 7 | 69,02 | 68,63 | 61,71 |



Gambar 7. Grafik Hubungan antara VFB dan Variasi Agregat

Keterangan: (1) Var. Agregat 1: Agregat Bantak 100%; (2) Var. Agregat 2: Agregat kasar Bantak, Halus dan *filler* Progo; (3) Var. Agregat 3: Agregat kasar dan halus Progo, *filler* Bantak.

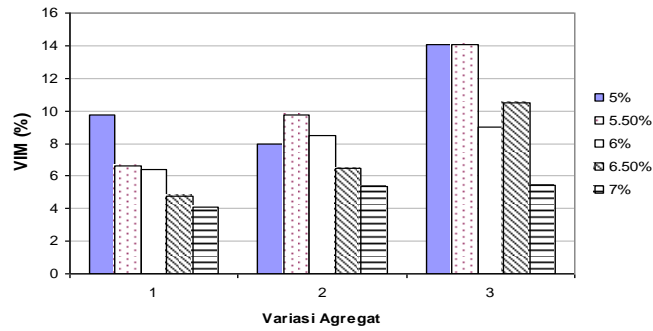
Nilai VFB terendah adalah pada variasi agregat Bantak 100% dengan kadar aspal 5% sebesar 9.03%. Campuran yang mempunyai VFB yang rendah akan menyebabkan kekedapan berkurang, karena sedikit rongga yang terisi aspal. Dengan banyaknya rongga yang kosong, air dan udara akan mudah masuk, sehingga keawetan dari lapis keras akan berkurang. Penggunaan campuran agregat Bantak 100% pada kadar aspal 5%, mempunyai VFB yang paling kecil (kurang kedap air).

Void In Mix (VIM)

Void in Mix (VIM) merupakan banyaknya rongga (%) dalam campuran. Rongga udara yang terdapat dalam campuran diperlukan untuk tersedianya ruang gerak unsur campuran sesuai elastisitasnya. Hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 10 di bawah.

Tabel 10. Void in Mix (VIM)

| Notasi | Benda Uji | Kadar Aspal (%) | Agregat Bantak | Agregat Kasar bantak, Halus & Filler Progo | Agregat Kasar & halus Progo, Filler Bantak |
|--------|-----------|-----------------|----------------|--|--|
| | | | VIM (%) | VIM (%) | VIM (%) |
| I | 1,2,3 | 5 | 9,75 | 7,96 | 14,08 |
| II | 1,2,3 | 5.5 | 6,66 | 9,78 | 14,04 |
| III | 1,2,3 | 6 | 6,40 | 8,50 | 9,01 |
| IV | 1,2,3 | 6.5 | 4,75 | 6,50 | 10,53 |
| V | 1,2,3 | 7 | 4,07 | 5,34 | 5,42 |



Gambar 8. Grafik Hubungan antara VIM dan Variasi Agregat

Keterangan: (1) Var. Agregat 1: Agregat Bantak 100%; (2) Var. Agregat 2: Agregat kasar Bantak, Halus dan filler Progo; (3) Var. Agregat 3: Agregat kasar dan halus Progo, filler Bantak.

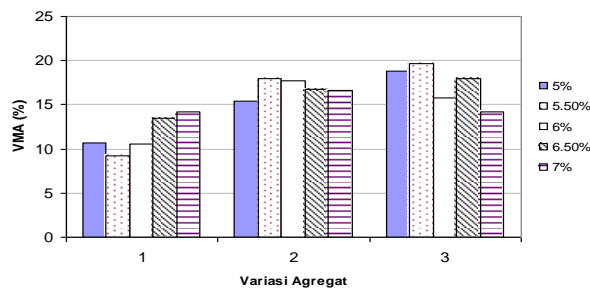
Nilai VIM terendah adalah pada variasi agregat Bantak 100% dengan kadar aspal 7% sebesar 4.07%. Campuran yang mempunyai VIM yang rendah akan menyebabkan mudah terjadinya *bleeding* pada lapis keras. Selain *bleeding*, dengan VIM yang rendah, kekauan lapis keras akan mengalami retak (*cracking*) apabila menerima beban lalu lintas, karena tidak cukup lentur untuk menerima pembebanan yang terjadi.

VMA (Void in Mineral Agregat)

VMA adalah rongga udara yang ada diantara mineral agregat, di dalam campuran beraspal panas yang sudah didapatkan, termasuk ruang terisi aspal. Berikut hasil pengujian VMA seperti pada Tabel 11 di bawah.

Tabel. 11. Nilai VMA (Void in Mineral Agregat)

| Nota si | No. Benda Uji | Kadar Aspal (%) | Agregat Bantak 100% | Agregat Kasar bantak, Halus & Filler Progo | Agregat Kasar & halus Progo, Filler Bantak |
|---------|---------------|-----------------|---------------------|--|--|
| | | | VMA (%) | VMA (%) | VMA (%) |
| I | 1,2,3 | 5 | 10,70 | 15,47 | 18,83 |
| II | 1,2,3 | 5.5 | 9,25 | 18,02 | 19,61 |
| III | 1,2,3 | 6 | 10,56 | 17,73 | 15,76 |
| IV | 1,2,3 | 6.5 | 13,50 | 16,80 | 17,98 |
| V | 1,2,3 | 7 | 14,24 | 16,63 | 14,15 |



Gambar 9. Grafik Hubungan antara VMA dan Variasi Agregat

Keterangan: (1) var. Agregat 1: Bantak 100%; (2) Kasar Bantak, halus dan filler Progo; (3) Var. Agregat 3: Kasar Bantak, halus Progo, filler Bantak.

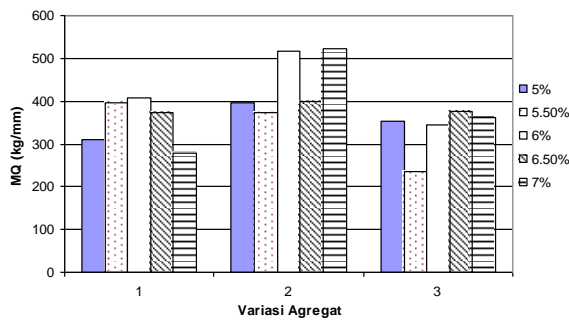
Nilai VMA terendah adalah pada variasi agregat Bantak 100% dengan kadar aspal 5.5% sebesar 9.25%. Campuran yang mempunyai VMA rendah mengakibatkan campuran menjadi lebih mudah retak, disamping itu juga dengan VMA yang rendah, menyebabkan lapis aspal terlalu kaku.

MQ (Marshall Quotient)

Merupakan pendekatan terhadap tingkat kekakuan dan fleksibilitas campuran. Berikut hasil MQ, seperti pada Tabel 12.

Tabel 12. Nilai MQ (Marshall Quotient)

| Notasi | Benda Uji | Kadar Aspal (%) | Agregat Bantak | Agregat Kasar bantak, Halus & Filler Progo | Agregat Kasar&halus Progo, Filler Bantak |
|--------|-----------|-----------------|----------------|--|--|
| | | | MQ (kg/mm) | MQ (kg/mm) | MQ (kg/mm) |
| I | 1,2,3 | 5 | 308,91 | 396,41 | 353,17 |
| II | 1,2,3 | 5.5 | 397,07 | 373,37 | 235,72 |
| III | 1,2,3 | 6 | 408,05 | 516,29 | 345,10 |
| IV | 1,2,3 | 6.5 | 372,53 | 399,38 | 375,79 |
| V | 1,2,3 | 7 | 279,50 | 521,62 | 360,29 |



Gambar 10. Grafik Hubungan antara MQ dan Variasi Agregat

Keterangan: (1) Var. Agregat 1: Agregat Bantak 100%; (2) Var. Agregat 2: Agregat kasar Bantak, Halus dan filler Progo; (3) Var. Agregat 3: Agregat kasar dan halus Progo, filler Bantak

Nilai MQ terendah adalah pada variasi agregat Bantak 100% dengan kadar aspal 7% sebesar 279.50kg/mm. Campuran yang mempunyai MQ rendah mengakibatkan campuran menjadi lebih mudah retak, karena campuran tersebut semakin kaku. Besarnya selisih antara MQ tertinggi dan terendah antara variasi agregat ke-02 dan ke01 pada penelitian ini adalah sebesar 46.41%. Berdasar hasil-hasil uji di atas, terlihat bahwa komposisi yang efektif ialah pada variasi ke-2 (agregat kasar Bantak, Halus dan filler Progo) karena: Flow rendah (beton aspal tidak mudah berubah karena tidak terlalu plastis), VFB tinggi (rongga pori sedikit, lebih kedap air, sehingga beton-aspal lebih awet), MQ tinggi (tidak mudah retak, tidak terlalu kaku).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian di atas, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut: (1) Besarnya rerata: kepadatan, stabilitas, flow, VIM, VFB, VMA, dan MQ sebesar berturut-turut: 2.16gr/cc; 1230,4kg; 3,42mm; 8,19%; 46,2%; 15,3% dan 376,2 kg/mm; (2) Komposisi variasi material yang efektif untuk pembuatan campuran perkerasan jalan adalah campuran : agregat kasar Bantak, agregat halus dan filler Progo (ditinjau dari nilai flow yang rendah, VFB yang tinggi dan MQ yang tinggi).

SARAN

Diperlukan penelitian lebih lanjut tentang variasi penggunaan material filler perkerasan yang berbeda, sebagai tindaklanjutnya adalah dengan adanya penggunaan filler dari jenis semen ataupun batu kapur.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] AASTHO M 20 – 70 (2002). Spesifikasi AASTHO untuk berbagai nilai penetrasi aspal.
- [2] RSNI 06-2489-1991. Metode Pengujian campuran Aspal dengan Alat Marshall

- [3] Direktorat Jenderal Bina Marga. 2002. Pembagian Jenis Agregat dalam perkerasan jalan.
- [4] SNI-06-2433-1991; Revisi SNI-03-1737-1989; dan AASHTO T49-02. Pengujian Titik Nyala dan Bakar dengan cawan *cleveland*.
- [5] SNI 06-2434-1991 dan AASHTO T53-02. Pengujian Titik Lembek.
- [6] SNI 03-1969-1990. Pengujian Berat Jenis Beton Aspal Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Aspal.
- [7] Sukirman, Silvia. 2003. Beton aspal campuran panas Alfabet: Bandung.
- [8] SNI 03-1969-1990; SK SNI M-09-1989-F dan AASHTO T84-88. Berat jenis agregat halus.
- [9] SNI-03-2417-1991 atau AASHTO T96-87. Pengujian abrasi menggunakan alat abrasi Los Angeles.
- [10] SNI-M-02-1994-2003 atau AASHTO T11-90. Analisis saringan dapat dilakukan secara basah atau kering, analisis basah digunakan untuk menentukan Jumlah bahan agregat yang lolos saringan No.200.
- [11] SNI 03-1968-2002 dan AASHTO T27-88. Ukuran Butir Agregat.