

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
INTISARI	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Manfaat penelitian	2
1.3. Tujuan penelitian	2
1.4. Batasan Masalah.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1. Perkerasan Jalan	3
2.2. Aspal	3
2.3. Agregat	4
2.4. <i>Filler</i>	7

BAB IV HIPOTESA	23
BAB V METODOLOGI PENELITIAN.....	24
5.1. Pengujian Agregat (Kasar Dan Halus)	24
5.1.1. Pemeriksaan Keausan Agregat Dengan Mesin Los Angeles	26
5.1.2. Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar	27
5.1.3. Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus	29
5.1.4. Pemeriksaan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	32
5.1.5. Pemeriksaan <i>Sand Equivalent</i>	34
5.1.6. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus Dan Kasar	36
5.2. Pengujian Bitumen (Aspal).....	37
5.2.1. Pemeriksaan Titik Nyala Dan Titik Bakar Aspal	37
5.2.2. Pemeriksaan Titik Lembek Aspal.....	39
5.2.3. Pemeriksaan Penetrasi Aspal	42
5.2.4. Pemeriksaan Kelarutan Dalam CCL 4.....	45
5.2.5. Pemeriksaan Berat Jenis Aspal	47
5.3. Perencanaan Campuran Ideal	49
5.3.1. Gradasi Agregat Ideal	49
5.3.2. Kadar Serat Serabut Kelapa	50

- d. Kadar lempung : lempung mempengaruhi mutu campuran agregat dengan aspal karena membungkus partikel-partikel agregat sehingga ikatan antara agregat dan aspal berkurang, adanya lempung yang mengakibatkan luas daerah yang harus diselimuti aspal bertambah dan lempung cenderung menyerap air yang berakibat hancurnya lapisan aspal. Bentuk dan tekstur agregat mempengaruhi stabilitas dari lapisan lapis keras yang dibentuk oleh agregat tersebut.
 - e. Kekerasan dan ketahanan : yaitu ketahanan agregat untuk tidak hancur atau pecah oleh pengaruh mekanis atau kimia.
2. Kemampuan dilapisi aspal dengan baik, dipengaruhi oleh :
- a. kemungkinan basah,
 - b. porositas, dan
 - c. jenis agregat.
3. Kemudahan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang nyaman dan aman, dipengaruhi oleh :
- a. tahanan geser (*skid resistance*), dan
 - b. campuran yang memberikan kemudahan dalam pelaksanaan (*bituminuous mix workability*).

Berdasarkan proses pengolahannya agregat yang dipergunakan pada perkerasan dapat dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu agregat alam (*natural aggregate*), agregat dengan proses pengolahan (*manufacture aggregate*) dan agregat buatan yang diperoleh dari hasil samping pabrik semen dan mesin pemecah batu⁵.

⁵ Silvia Sukirman, *op.cit*, hal. 42.

2.4. Filler

Filler adalah bahan berbutir halus yang berfungsi sebagai butir pengisi pada pembuatan campuran aspal. Didefinisikan sebagai fraksi debu mineral lolos saringan no. 200 (0.074) dan bahan *filler* dapat berupa debu batu, kapur Portland Cement atau lainnya⁶.

Penggunaan *filler* dalam campuran aspal akan mempengaruhi karakteristik campuran aspal dan dapat menyebabkan dampak, sebagai berikut ini.

1. Dampak penggunaan *filler* terhadap karakteristik campuran aspal, akan mempengaruhi campuran, penggelaran dan pematatan. Di samping itu jenis *filler* akan mempengaruhi terhadap sifat elastik campuran dan sensitivitasnya terhadap air.
2. Dampak penggunaan *filler* terhadap karakteristik campuran aspal dalam hal ini masih digolongkan lagi menjadi :
 - a. dampak penggunaan *filler* terhadap viskositas ; campuran yang menyebabkan semakin besarnya permukaan *filler* akan menaikkan viscositas campuran, dan
 - b. dampak suhu dan pemanasan ; setiap jenis *filler* memberikan pengaruh yang saling berbeda pada berbagai temperatur.

⁶ Ir. F.A. Mudjiono CES, *Spesifikasi Aspal Beton (Hot Mix Split Mastic Asphalt) Dengan Bahan Tambah Serat Selulosa*, Dir Jendral Bina Marga DPU, Bandung, Semarang, Indonesia, 1994, hal.4.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah suatu lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar setelah dipadatkan yang berfungsi untuk memikul beban lalu lintas secara aman dan nyaman, yang selanjutnya beban tersebut diteruskan atau disebarkan ke lapisan tanah dasar (*subgrade*), agar tanah mendapat tekanan tidak melampaui daya dukung tanahnya. Pada umumnya perkerasan terdiri dari beberapa lapis, dengan kualitas bahan makin ke atas semakin baik. Perkerasan dapat dikelompokkan dalam tiga jenis, yaitu sebagai berikut ini.

1. Perkerasan lentur (*flexible pavement*) yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan ikat. Lapis keras lentur terdiri dari bahan batuan dari berbagai fraksi yang membentuk gradasi batuan yang sesuai dengan persyaratan dan diikat oleh bahan pengikatnya aspal. Perkerasan lentur terdiri dari beberapa lapis sebagai berikut ini.
 - a. Lapis pondasi bawah (*sub-base*), lapis ini terletak di atas permukaan tanah dasar atau *sub-grade* yang telah dipadatkan sesuai dengan persyaratan.

Lapis pondasi bawah adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis pondasi dengan tanah dasar.

b. Membentuk permukaan yang tidak licin, sehingga tersedia koefisien gesek yang cukup (*skid resistance*), untuk menjamin keamanan bagi lalu lintas.

d. Tanah dasar (*sub grade*).

Tanah dasar atau subgrade adalah permukaan galian atau permukaan timbunan, yang dipadatkan dan merupakan permukaan dasar untuk perletakkan bagian-bagian perkerasan lain.

2. Konstruksi Perkerasan kaku (*rigid pavement*) yaitu perkerasan dengan menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikat. Lapis keras ini terdiri dari satu lapis plat beton semen yang diletakkan langsung di atas tanah dasar yang telah dipersiapkan atau di atas lapis tipis beton semen dengan mutu beton yang lebih rendah dan berfungsi sebagai pondasi.

3. Perkerasan Komposit (*composite pavement*) yaitu merupakan kombinasi antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku.

3.2. Karakteristik Campuran

Karakteristik dari lapis perkerasan tidak bisa dilepaskan dari pemahaman yang baik dari sifat bahannya, sehingga didapatkan lapis perkerasan yang kuat, awet, awam dan nyaman untuk melayani lalu lintas. Karakteristik campuran yang

Faktor yang mempengaruhi durabilitas lapis aspal beton adalah sebagai berikut ini.

1. *Bitument film* thickness atau selimut aspal, *film* aspal yang tebal dapat menghasilkan lapis aspal beton yang berdurabilitas tinggi, tetapi kemungkinan terjadi *bleeding* (leleh) tinggi.
2. Rongga antar campuran yang kecil sehingga lapis kedap air dan udara tidak dapat masuk ke dalam campuran yang menyebabkan terjadinya oksidasi dan aspal menjadi rapuh atau getas.
3. Rongga antar butiran agregat yang besar memungkinkan *film* aspal dibuat tebal. Untuk mencapai rongga antar butiran agregat yang besar ini dipergunakan agregat bergradasi senjang atau *gap graded*.

3.2.3. Kelenturan (*Fleksibilitas*)

Fleksibilitas adalah kemampuan campuran untuk menyesuaikan diri terhadap Bergeraknya lapis pondasi dalam jangka panjang, di samping mempunyai kemampuan untuk melentur secara berulang-ulang tanpa terjadi pecah-pecah. Fleksibilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan memberi kadar aspal yang tinggi dan digunakan aspal lunak serta dipakai gradasi agregat yang terbuka (*open graded*).

3.2.4. Tahanan Gesek (*Skid Resistance*)

Tahanan gesek adalah kekesatan yang diberikan oleh perkerasan sehingga kendaraan tidak mengalami selip roda pada kendaraan, baik di waktu basah

maupun kering. Beberapa faktor yang menyebabkan lapis permukaan mempunyai ketahanan gesek yang tinggi hampir sama dengan faktor pada penentuan stabilitas.

Kadar aspal yang optimum pada agregat yang mempunyai permukaan kasar akan memberikan tahanan gesek. Faktor lain juga perlu diperhatikan adalah rongga udara yang cukup pada lapisan perkerasan sehingga apabila terjadi kenaikan temperatur yang tinggi tidak terdesak keluar dan terjadi *bleeding*.

3.2.5. Ketahanan Kelelahan (*Fatigue Resistance*)

Ketahanan kelelahan adalah ketahanan dari lapis aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan yang mengakibatkan terjadi alur (*rutting*) dan retak. Faktor yang menyebabkan terjadinya kelelahan antara lain karena adanya rongga udara yang tinggi dan kadar aspal yang rendah dalam campuran perkerasan yang akan menyebabkan terjadinya retak. Sedangkan rongga udara antar butiran dan kadar aspal yang tinggi dapat menyebabkan lapis perkerasan menjadi terlalu fleksibel dan lunak sehingga terjadi alur (*rutting*).

3.2.6. Kemudahan Pelaksanaan (*Workability*)

Kemudahan pelaksanaan adalah mudahnya suatu campuran untuk dihampar dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang diharapkan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kepadatan adalah sebagai berikut ini.

1. Gradasi agregat, agregat bergradasi baik lebih mudah dilaksanakan daripada agregat bergradasi lain.

2. Temperatur campuran, ikut mempengaruhi kekerasan bahan pengikat yang bersifat termoplastis.
3. Kandungan bahan pengisi (*filler*) yang tinggi menyebabkan pelaksanaan lebih sulit.

3.3. Nilai Struktur Campuran Aspal

3.3.1. Syarat-syarat Kekuatan Struktural

Konstruksi perkerasan jalan dipandang dari segi kemampuan mendukung dan menyebarkan beban harus memenuhi syarat sebagai berikut ini.

1. Kedap air, agar air tidak dapat meresap ke dalam lapisan di bawahnya.
2. Memiliki stabilitas yang cukup dan dapat memikul beban lalu lintas tanpa terjadi deformasi, bergelombang atau desakan kesamping.
3. Ketebalan dan yang cukup, sehingga mampu menyebarkan beban lalu lintas ke *base course*.
4. Permukaan mudah mengalirkan air sehingga air hujan dapat cepat mengalir.
5. Tidak terjadi retakan akibat beban lalu lintas.
6. Campuran aspal harus mempunyai nilai keawetan yang cukup tinggi. Untuk dapat memenuhi syarat di atas perencanaan dan pelaksanaan konstruksi perkerasan lentur jalan mencakup sebagai berikut ini.
 - a. Perencanaan masing-masing tebal perkerasan.
 - b. Analisa campuran bahan.

6. Kedap air.

- a. Rongga udara : 3-5%.
- b. Indek perendaman : > 75%.

7. Aman untuk lalu lintas.

Nilai kekesatan : 0,6.

8. Tingkat keseragaman campuran yang tinggi .

Kadar agregat kasar : cukup tinggi.

Viskositas aspal : cukup tinggi.

3.4.3. Bahan Pendukung

3.4.3.1. Agregat

Penelitian-penelitian telah membuktikan bahwa daya resap (*permeabilitas*) suatu campuran yang sangat menentukan daya tahannya itu tidak saja bergantung daripada volume rongga-rongga udara tetapi ditentukan pula oleh gradasi agregatnya. Gradasi atau distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas perkerasan. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga udara antar butir yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan dalam proses pelaksanaan.

Gradasi agregat diperoleh dari hasil analisa saringan dengan menggunakan satu set saringan ; saringan yang paling kasar diletakkan di atas dan yang paling halus diletakkan paling bawah. Satu set saringan dimulai dari pan dan diakhiri dengan tutup.

Pada umumnya gradasi agregat dapat dibedakan sebagai berikut ini.

1. Gradasi seragam (*uniform graded*), adalah agregat dengan ukuran yang hampir sama/sejenis atau mengandung agregat halus yang sedikit jumlahnya sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat. Gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka. Agregat dengan gradasi seragam akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan sifat permeabilitas tinggi, stabilitas kurang, berat volume kecil.
2. Gradasi rapat (*dense graded*), campuran agregat kasar dan halus dalam porsi berimbang, sehingga dinamakan juga agregat bergradasi baik (*well graded*).
3. Gradasi buruk (*poorly graded*), merupakan campuran agregat yang tidak memenuhi dua kategori diatas. Agregat bergradasi buruk yang umum digunakan untuk lapisan perkerasan lentur yaitu gradasi celah (*gap graded*), merupakan agregat dengan satu fraksi hilang. Sering juga disebut gradasi senjang. Agregat dengan gradasi senjang akan menghasilkan lapisan perkerasan yang mutunya terletak antara kedua jenis di atas.

Adapun mutu agregat yang disyaratkan adalah sebagai berikut ini.

1. Kehilangan berat akibat mesin *Los Angeles* (PB.0206-76) maks. 40%.
2. Kelekatan agregat terhadap aspal (PB.0206-76) minimal 95%.
3. Non plastis.

3.4.3.2. Aspal

Aspal semen pada temperatur ruang (25-30°C) berbentuk padat. Aspal semen terdiri dari beberapa jenis bergantung pada proses pembuatannya dan jenis minyak bumi asalnya. Pengelompokan aspal semen dapat dilakukan berdasarkan

BAB IV

HIPOTESA

Split Mastic Asphalt adalah merupakan campuran agregat aspal dan serat selulosa yang sering dipakai pada salah satu komponen lapis lentur, adapun karakteristiknya sangat dipengaruhi oleh kadar aspal, jenis aspal, agregat filler, dan suhu ataupun waktu pemadatan. Serat serabut kelapa merupakan partikel yang pada penelitian ini diharapkan mempunyai kemungkinan untuk dimanfaatkan sebagai bahan tambah (additive) pengganti serat selulosa pada Split Mastic Asphalt.

BAB V

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi Penelitian yang dilakukan pada penelitian ini berupa percobaan di Laboratorium Universitas Islam Indonesia pada FTSP khususnya Laboratorium Jalan Raya. Bahan agregat, filter, dan aspal yang dipakai dalam penelitian ini diperoleh dari PT. Perwita Karya Yogyakarta. Serat serabut kelapa diperoleh dari Pakem Sleman dan menggunakan aspal AC 60/70 produksi Pertamina Cilacap. Metode penelitian ini selengkapnya diperlihatkan dengan diagram alur seperti pada gambar 5.1.

5.1. Pengujian Agregat (Kasar dan Halus)

Pada pengujian ini agregat berasal dari daerah Clereng Kulon Progo hasil dari pemecah batu (*stone crusher*) PT. Perwita Karya Yogyakarta. Pemeriksaan agregat yang digunakan meliputi sebagai berikut ini.

1. Pemeriksaan keausan agregat dengan mesin Los Angeles.
2. Pemeriksaan berat jenis dan Penyerapan agregat kasar.
3. Pemeriksaan berat jenis dan Penyerapan agregat halus.
4. Pemeriksaan *Sand Equivalent*.
5. Pemeriksaan Analisa saringan.

Pemeriksaan:

1. benda uji dan bola baja dimasukkan kedalam mesin Los Angeles
2. putar Mesin dengan kecepatan 30 sampai 33 rpm, mesin berputar sebanyak 500 putaran, dan
3. setelah selesai pemutaran benda uji dikeluarkan dari mesin kemudian saring dengan saringan no. 12, butiran yang tertahan kemudian ditimbang dan hasilnya > 40%.

Spesifikasi:

hasil yang didapat harus kurang dari 40% total berat benda uji.

5.1.2. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Pemeriksaan ini untuk menentukan berat jenis (*bulk*), Berat Jenis kering permukaan jenuh (*SSD*), berat jenis semudah penyerapan dari agregat kasar, pemeriksaan ini menggunakan prosedur AASHTO T-85- 81.

1. Berat jenis (*bulk specific gravity*), ialah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
2. Berat jenis kering permukaan jenuh adalah perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dengan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
3. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*), adalah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

4. Penyerapan adalah presentase berat air yang dapat diserap oleh pori agregat terhadap berat agregat kering.

Peralatan yang digunakan sebagai berikut ini.

1. Keranjang kawat ukuran 3,35 mm atau 2,36 mm (no. 6 atau no. 8) dengan kapasitas kira-kira 5 kg.
2. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu hingga $(110 \pm 5)^{\circ} \text{C}$.
3. Tempat air dengan bentuk dan kapasitas yang sesuai untuk pemeriksaan. Tempat ini harus dilengkapi dengan pipa, sehingga air selalu tetap.
4. Alat pembersih.
5. Timbangan kapasitas 5 kg dengan ketelitian 0,1% dari berat contoh yang ditimbang dan dilengkapi dengan alat penggantung keranjang.
6. Saringan no. 4.

Benda uji:

benda uji adalah agregat yang tertahan oleh saringan no. 4 didapat dari alat pemisah contoh atau cara seperempat, sebanyak kira-kira 5 kg.

Pemeriksaan sebagai berikut ini.

1. Cuci benda uji untuk menghilangkan debu atau bahan lain yang melekat pada permukaan.
2. Keringkan benda uji dalam oven suhu 105°C sampai berat tetap.
3. Dinginkan benda uji pada suhu kamar selama 1-3 jam kemudian timbang dengan ketelitian 0,3 gram (Bk).

3. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*) ialah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam kering pada suhu tertentu.
4. Penyerapan ialah presentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering.

Peralatan yang digunakan sebagai berikut ini.

1. Timbangan kapasitas 1 kg atau lebih dengan ketelitian 0,1 gram.
2. Piknometer dengan kapasitas 500 ml.
3. Kerucut terpancung (cone), diameter bagian atas (40 ± 3) mm, diameter bagian bawah (90 ± 3) dan tinggi (75 ± 3) mm, dibuat dari logam tebal minimum 0,8 mm.
4. Batang penumbuk yang mempunyai bidang penumbuk rata, berat (340 ± 15) gram diameter permukaan penumbuk (25 ± 3) mm.
5. Saringan No. 4.
6. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai (110 ± 5)° C.
7. Talam.
8. Bejana tempat air.
9. Pompa hampa udara (*vacum pump*) atau tungku.
10. Pengatur suhu dengan ketelitian pembacaan 1° C.
11. Air suling.

gelembung udara didalamnya. Untuk mempercepat proses ini dapat digunakan pompa hampa udara tetapi harus diperhatikan jangan sampai ada air yang ikut terhisap.

5. Piknometer direndam dalam air dan suhu air diukur untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar 25°C .
6. Ditambahkan air sampai mencapai tanda batas.
7. Piknometer yang berisi air dan benda uji ditimbang sampai ketelitian 0,1 gram (Bt).
8. Benda uji dikeluarkan dan dikeringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap kemudian didinginkan dalam desikator.
9. Setelah benda uji dingin kemudian ditimbang (Bk)
10. Menentukan berat piknometer berisi air penuh dan mengukur suhu air guna penyesuaian dengan suhu standar 25°C (B).

Spesifikasi:

hasil yang didapat harus $> 2,5$ gram/cc untuk berat jenis semu dan $< 3\%$ untuk peresapan agregat terhadap air.

5.1.4. Pemeriksaan Kelekatan Agregat terhadap Aspal

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan kelekatan agregat terhadap aspal. Kelekatan agregat terhadap aspal ialah prosentase luas permukaan batuan yang tertutup aspal terhadap keseluruhan luas permukaan, dan penelitian ini mengikuti prosedur AASHTO T- 182.

Peralatan yang digunakan sebagai berikut ini.

1. Wadah untuk mengaduk, kapasitas minimal 500 ml.
2. Timbangan dengan kapasitas 200 gram, ketelitian 0,1 gram.
3. Pisau pengaduk baja (spatula) lebar 1" dan panjang 4".
4. Tabung gelas kimia kapasitas 600 mm.
5. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai suhu $(150 + 1)^{\circ} \text{C}$.
6. Saringan 6.3 mm ($1/4''$) dan 9.5 mm ($3/8''$).
7. Termometer logam $\pm 200^{\circ} \text{C}$.
8. Air suling dengan PH 6.0 - 7.0.

Benda Uji sebagai berikut ini.

1. Benda uji adalah agregat yang lewat saringan $3/8''$ dan tertahan pada saringan $5/16''$ sebanyak kira-kira 100 gram.
2. Benda uji dicuci dengan air suling dan dikeringkan pada suhu 135°C sampai 149°C hingga berat tetap. Disimpan dalam tempat tertutup rapat.
3. Untuk pelapisan agregat basah perlu ditentukan berat jenis kering permukaan jenuh (*SSD*) dan penyerapan dari agregat kasar.

Pemeriksaan sebagai berikut ini.

1. Benda uji diambil sebanyak 100 gram dan dimasukkan kedalam wadah, diisi dengan aspal sebanyak 5.5 ± 0.2 gram yang telah dipanaskan sampai pada suhu yang diperlukan. Kemudian aspal dan benda uji diaduk dengan spatula selama 2 menit.

5. Pengguncang mekanis.
6. Larutan CaCl₂, gliserin dan formaldehide.

Benda Uji sebagai berikut ini.

1. Pasir disaring dengan saringan no. 4 dan butir-butir halus yang menggumpal dihancurkan hingga dapat melewati saringan No.4, pasir-pasir diperoleh dengan pemisah pasir atau perempat, contoh dimasukkan ke dalam kaleng sehingga penuh dan rata. Selama pengisian diketuk-ketuk alas dari kaleng pada meja atau permukaan yang keras supaya terjadi konsolidasi. Benda uji bisa disiapkan dalam keadaan kering udara atau keadaan aslinya atau tanpa di oven.

Pemeriksaan sebagai berikut ini.

1. 545 gram CaCl₂ dicampur dengan $\frac{1}{2}$ galon *aquadest* yang telah dididihkan, kemudian didinginkan.
2. Melakukan penyaringan dengan menggunakan saringan *wattman* nomor 12, kemudian menambahkan *gliserine* dan *formaldehyde* pada larutan yang disaring.
3. Mengencerkan 85 ml larutan menjadi satu galon dengan menambahkan *aquadest*.
4. Memasukkan pasir (± 75 cc) kemudian mendinginkan selama 10 ± 1 menit, kemudian mengocok secara mendatar sebanyak 90 kali, menambahkan larutan sampai skala 15.
5. Mendinginkan selama 20 menit.

6. Memasukkan beban, kemudian skala beban dibaca.

Spesifikasi : hasil yang didapat harus $> 50\%$.

5.1.6. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar

Pemeriksaan ini dimasukkan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan.

Peralatan yang digunakan sebagai berikut ini.

1. Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0,2 dari berat benda uji.
2. Satu set saringan : 12,70 mm (1/2"), 11,20 mm (7/16"), 8,00 mm (5/16"), 5,00 mm (4"), 2,00 mm (10"), 0,71 mm (25"), 0,25 mm (60"), 0,90 mm (170"), 0,075 mm (200"), PAN.
3. Oven yang dilengkapi pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5)^{\circ} \text{C}$.
4. Alat pemisah contoh.
5. Mesin pengguncang saringan.
6. Tahan-talam.
7. Kuas sikat kuning dan sendok.

Benda Uji:

benda uji diperoleh dari hasil analisa saringan.

Pemeriksaan sebagai berikut ini.

1. Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ} \text{C}$ sampai konstan.
2. Saring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan digoncangkan dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit.

permukaan aspal. Adapun titik bakar adalah suhu pada saat terlihat nyala sekurang-kurangnya 5 detik pada suatu titik di atas permukaan aspal.

Peralatan yang digunakan sebagai berikut ini.

1. Termometer.
2. Cleveland open cup.
3. Pelat pemanas.
4. Sumber pemanas.
5. Penahan angin.
6. Nyala penguji.

Benda Uji sebagai berikut ini.

1. Aspal dipanaskan sampai pada suhu 176o C atau sampai cair.
2. Kemudian aspal diisikan pada cawan cleveland sampai garis atas cawan. Gelembung udara yang ada pada permukaan cairan dipecahkan atau dihilangkan.

Pemeriksaan sebagai berikut ini.

1. Cawan diletakkan di atas plat pemanas dan sumber pemanas diatur sehingga terletak di bawah titik tengah cawan.
2. Cawan penguji diletakkan dengan jarak 7,5 cm dari titik tengah cawan.
3. Termometer ditempatkan tegak lurus didalam benda uji dengan jarak 6,4 mm di atas dasar cawan, dan terletak pada satu garis yang menghubungkan titik

7. Pengukur waktu.

8. Untuk mengukur penetrasi dengan tangan diperlukan stop watch dengan skala pembagi terkecil 0.1 detik atau kurang dan kesalahan tertinggi 0.1 detik/detik. Untuk pengukuran penetrasi dengan alat otomatis kesalahan alat tersebut tidak boleh melebihi 0.1 detik.

9. Termometer.

Benda Uji:

Memaskan contoh perlahan-lahan serta mengaduk hingga cukup cair untuk dapat dituangkan pemanasan contoh untuk *ter* tidak lebih dari 60° C di atas titik leleh, dan untuk bitumen tidak lebih dari 90° C di atas titik leleh. Waktu pemanasan tidak boleh melebihi 30 menit. Diaduk perlahan-lahan agar udara tidak masuk kedalam contoh. Setelah contoh air dituangkan kedalam tempat contoh dan didiamkan hingga dingin. Tinggi contoh dalam tempat tersebut tidak kurang dari angka penetrasi ditambah 10 mm. Benda uji dibuat dua (duplo) dan benda uji ditutup agar bebas dari debu dan didiamkan pada suhu ruang selama 1 sampai 1.5 jam untuk benda uji kecil dan 1.5 sampai 2 jam untuk yang besar.

Pemeriksaan sebagai berikut ini.

1. Benda uji diletakkan dalam tempat air yang kecil dan dimasukkan kedalam bak perendam yang telah berada pada suhu yang ditentukan. Didiamkan dalam bak tersebut selama 1 sampai 1.5 jam untuk benda uji kecil 1.5 sampai 2 jam untuk yang besar.

Benda Uji sebagai berikut ini.

1. Mengambil contoh bitumen yang telah dikeringkan di bawah suhu penguapan air sekurang-kurangnya 2 gram.
2. Apabila bitumen keras, ditumbuk sekurang-kurangnya 4 gram dan diambil 2 gram.

Pemeriksaan sebagai berikut ini.

1. Menimbang labu erlenmeyer.
2. Karbon tetrakorida dituangkan 300 cm dalam benda-benda uji sedikit demi sedikit sambil diaduk hingga bitumen larut.
3. Persiapan *Gooch crudible*. Tabung penyaring dimasukkan kedalam mulut labu erlenmeyer kemudian memasukkan *gooch crudible* ke dalam tabung penyaring, kemudian menghubungkan labu pengering dengan pompa hampa udara. Mengisi *gooch crudible* dengan suspensi asbes dalam air, mengisap dengan menggunakan pompa hampa udara hingga terbentuk lapisan halus asbes pada dasar *gooch crudible*. Kemudian mengangkat dan membakar *gooch crudible* dengan pembakar gas dan ditimbang setelah didinginkan dalam desikator.
4. Menuangkan larutan (1) ke dalam *gooch crudible* yang telah dipersiapkan dan mengisap dengan pompa hampa udara, mengatur kran pengisapan sehingga asbes dan endapan tidak ikut terhisap.

2. Bak perendam yang dilengkapi pengatur suhu dengan ketelitian $(25 \pm 0,1)^{\circ} \text{C}$.
3. Piknometer.
4. Air suling sebanyak 1000 cm.
5. Bejana gelas .

Benda Uji sebagai berikut ini.

1. Bitumen keras atau *ter* dipanaskan sebanyak 50 gram sampai menjadi cair dan diaduk untuk mencegah pemanasan setempat. Pemanasan tidak boleh lebih dari 30 menit pada suhu 56°C di atas titik lembek.
2. Contoh tersebut dituangkan kedalam piknometer yang telah kering hingga berisi $\frac{3}{4}$ bagian.

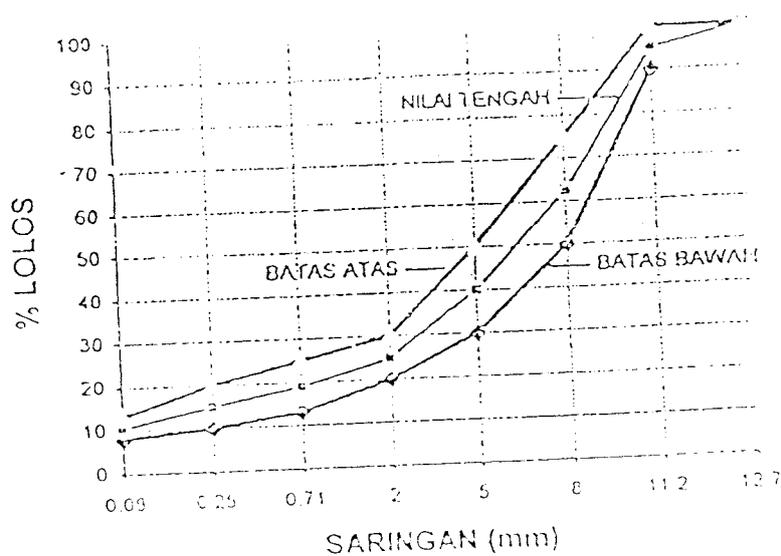
Pemeriksaan sebagai berikut ini.

1. Mengisi bejana dengan air suling sehingga diperkirakan bagian atas piknometer yang tidak terendam 40 mm. Kemudian direndam dan dijepit bejana tersebut di dalam bak perendam sehingga terendam sekurang-kurangnya 100 mm. Mengatur suhu bak perendam pada suhu 25°C .
2. Membersihkan, mengeringkan dan menimbang piknometer dengan ketelitian 1 mg (A).
3. Mengangkat bejana dari bak perendam dan mengisi piknometer dengan air suling kemudian menutup piknometer tanpa ditekan.
4. Meletakkan piknometer ke dalam bejana dan menekan penutup sehingga rapat, mengembalikan bejana berisi piknometer ke dalam bak perendam. Mendinginkan bejana tersebut didalam bak perendam selama sekurang-

4. Agregat 0/2 mm = 17,0%
5. Filler = 8,0% +
- Jumlah = 100%

Adapun prosentasi untuk masing-masing fraksi dapat dilihat pada grafik di

bawah ini:



Gambar 5.2 Grafik Gradasi Batuan Rencana Campuran SMA

5.3.2. Kadar Serat Serabut Kelapa

Dengan mengacu pada peraturan dan persyaratan Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum untuk kadar serat selulosa pada suatu campuran beton aspal, maka kadar serat serabut kelapa yang dipakai dalam penelitian sebagai bahan pengganti serat selulosa adalah 0,3% terhadap total campuran. Dalam penelitian ini dibuat masing-masing tiga sampel.

1. Agregat setelah ditimbang dipanaskan sampai temperatur 170° C sementara aspal AC 60-70 dipanaskan sampai suhu 180° C.
2. Pada temperatur 160° C serta serabut kelapa dimasukkan agar distribusi serta merata, setelah itu aspal dituangkan dengan takaran sesuai mix design, kemudian campuran diaduk sampai 45-50 detik.
3. Campuran dituangkan ke dalam cetakan pada temperatur pemadatan yang diinginkan kemudian ditusuk dengan spatula yang telah dipanaskan sebanyak kira-kira 15 kali.
4. Pemadatan dilakukan dengan alat penumbuk sebanyak 75 kali, kemudian dibalik dan ditumbuk 75 kali.
5. Kemudian dilakukan penimbangan dan pengukuran kembali (setelah plat alas dan leher sambungan dilepas).
6. Selanjutnya benda uji diletakkan di atas permukaan yang rata dan didiamkan pada suhu ruang selama 24 jam.

5.4.2. Pengujian Benda Uji

5.4.2.1. Persiapan benda uji

Dalam persiapan benda uji maka dilakukan langkah sebagai berikut ini.

1. Benda uji dibersihkan dari kotoran-kotoran yang menempel dan selanjutnya dilakukan penimbangan.
2. Masing-masing benda uji dibuat tanda pengenal.

3. Benda uji diukur tinggi dan diameternya dengan ketelitian 0.1 mm terhadap alat ukur.
4. Benda uji direndam dalam air kurang lebih selama 24 jam pada suhu ruang.
5. Benda uji ditimbang pada kondisi dalam air.
6. Benda uji ditimbang kering dalam permukaan jenuh.

BAB VI PEMBAHASAN

6.1. Hasil Penelitian

Dari hasil pemeriksaan bahan (agregat, aspal) dan campuran *Split Mastic Asphalt* + serat serabut kelapa dengan cara *Marshall* diperoleh sebagai berikut ini.

6.1.1. Hasil Pemeriksaan Agregat

Agregat yang digunakan dalam penelitian campuran *Split Mastic Asphalt* ini harus sesuai dengan syarat yang telah ditetapkan oleh Bina Marga.

Persyaratan dan hasil uji dapat dilihat dalam tabel 6.1. berikut ini.

Tabel 6.1. Persyaratan Agregat Kasar dan Halus

Pengujian	Syarat	Hasil
1. Keausan agregat dengan mesin Los Angeles pada putaran 500 putaran	Max 40%	19,86%
2. Kelekatan terhadap aspal	> 95 %	96%
3. Peresapan agregat terhadap air	Max 3 %	1,39%

Sumber : SNI No. 1737 1989 – F

Adapun hasil pemeriksaan berat jenis agregat masing-masing agregat dapat dilihat pada tabel 6.2. berikut ini.

Tabel 6.2. Berat Jenis Agregat Kasar dan Halus

Berat Jenis	Halus	Kasar
1. Berat jenis (Bulk)	2,606 gr	2,675 gr
2. Berat jenis kering permukaan jenuh (SGD)	2,659 gr	2,730 gr
3. Berat jenis semu	2,753 gr	2,830 gr

6.1.2. Hasil Pemeriksaan Aspal

Dalam penelitian ini aspal yang digunakan adalah aspal jenis AC.60/70. Syarat dan hasil pemeriksaan dapat dilihat pada tabel 6.3. berikut ini .

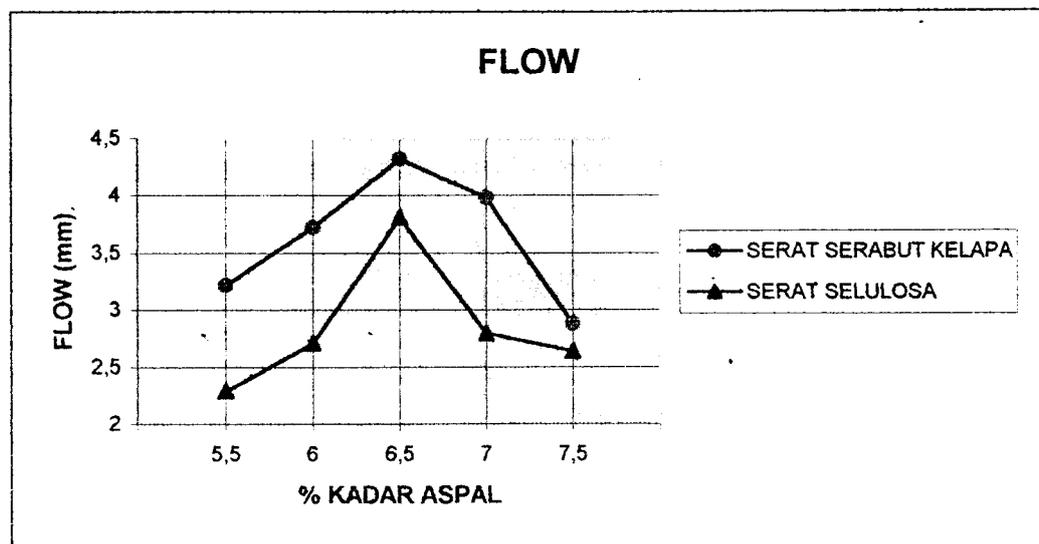
Tabel 6.3. Persyaratan Aspal AC 60/70

Jenis Pemeriksaan	Syarat		Hasil	Satuan
	Max	Min		
1. Penetrasi	79	60	63	0,1 mm
2. Titik Lembek	58	48	55 ⁰ C	⁰ C
3. Titik Nyala	-	200	338 ⁰ C	⁰ C
4. Berat Jenis	-	1	1,15	gr/mm
5. Kelarutan dalam CCL4	-	99	99,5	% berat

Sumber : SNI No. 1737/1989 - F

7,5% dan naik pada kadar aspal 6,5% dengan kadar serat serabut kelapa 0,3%.

Hal ini terjadi akibat semakin besar kadar aspal yang ditambahkan pada campuran akan membuat campuran semakin tidak padat. Dalam penelitian dengan kadar serat serabut kelapa 0,3% dengan kadar aspal 5,5 %, 6,0%, 7,0%, 7,5% memenuhi spesifikasi Bina Marga dengan ketentuan yaitu 2,0-4,0mm. Tetapi hasil pada gambar 6.2. menyimpang dari ketentuan Bina Marga.

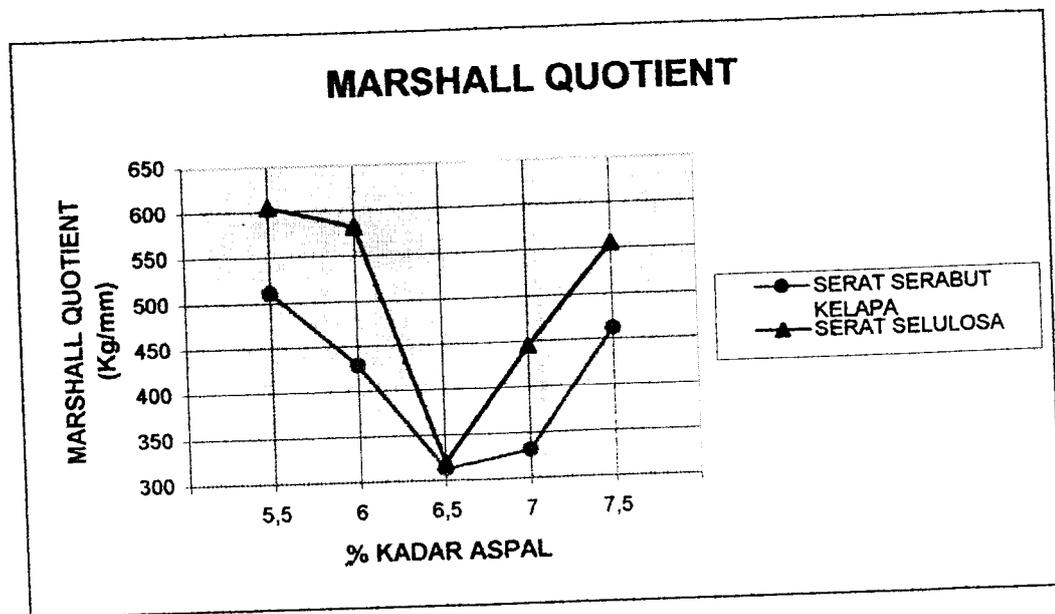


Gambar.6.2. Hubungan antara *Flow* dengan kadar aspal dengan serat selulosa dan serat serabut kelapa pada campuran SMA.

6.2.4. Marshall Quotient (MQ)

Marshall Quotient adalah merupakan hasil bagi dari nilai stabilitas dengan nilai *flow* yang digunakan pendekatan terhadap tingkat kekakuan

campuran. Campuran bernilai stabilitas tinggi dan kelelahan rendah menandakan bahwa campuran serabut kelapa getas, dan sebaliknya jika campuran tersebut bernilai stabilitas rendah dan kelelahan tinggi manandakan bahwa campuran terlalu plastis sehingga deformasi tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar seiring bertambahnya kadar aspal pada batas tertentu, apabila nilai kadar aspal terus ditambah akan menyebabkan nilai *Marshall Quotient* justru akan menurun sampai kadar aspal 6,5% kemudian naik pada kadar aspal 7,0% dan 7,5%, dengan kadar aspal 5,5% yaitu sebesar 604,70 kg/mm, kemudian yang memenuhi syarat Bina Marga (190-300 kg/mm) adalah campuran serat dengan kadar serat selulosa 0,3% kadar aspal 6,5%. Dan pada penelitian ini nilai maksimum dicapai pada campuran SMA dengan kadar serat selulosa. Sedangkan untuk campuran SMA ditambah serat serabut kelapa 6,3% dengan kadar aspal 5,5%, 6,0%, 6,5%, 7,0% dan 7,5% yang memenuhi spesifikasi dari Bina Marga tidak ada.



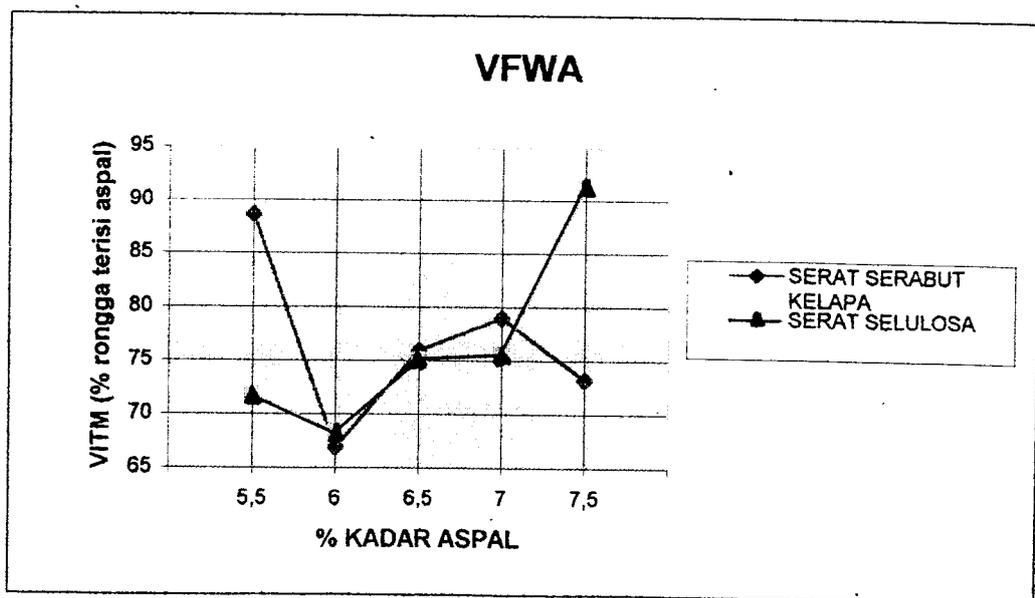
Gambar 6.3. Hubungan antara *Marshall Quotient (MQ)* dengan kadar aspal dengan serat selulosa/serat serabut kelapa pada campuran SMA.

6.2.5. *Air Void (VITM)*

Air void menunjukkan banyaknya rongga udara yang ada dalam campuran. Nilai *VITM* mengecil menandakan campuran menjadi kedap udara dan kedap air, sehingga menjadikan campuran awet, tidak getas dan rapuh. Dari hasil penelitian campuran SMA dengan kadar serat selulosa 0,3% dan kadar aspal 5,5%, 6,0%, 6,5%, 7,0% dan 7,5% hanya pada kadar aspal 5,5%, 6,5% dan 7,0% yang memenuhi spesifikasi Bina Marga yaitu sebesar 3,0% - 5,0%. Sedangkan untuk serat serabut kelapa 0,3% *VITM* yang memenuhi syarat hanya terjadi pada campuran SMA dengan kadar serat serabut kelapa 0,3% dengan kadar aspal 6,5%.

Dalam penelitian ini penggunaan kadar aspal yang semakin besar menjadikan nilai *VITM* semakin besar, ini disebabkan serat serabut kelapa banyak membuat rongga udara pada saat pemadatan campuran beton aspal. Pada kadar

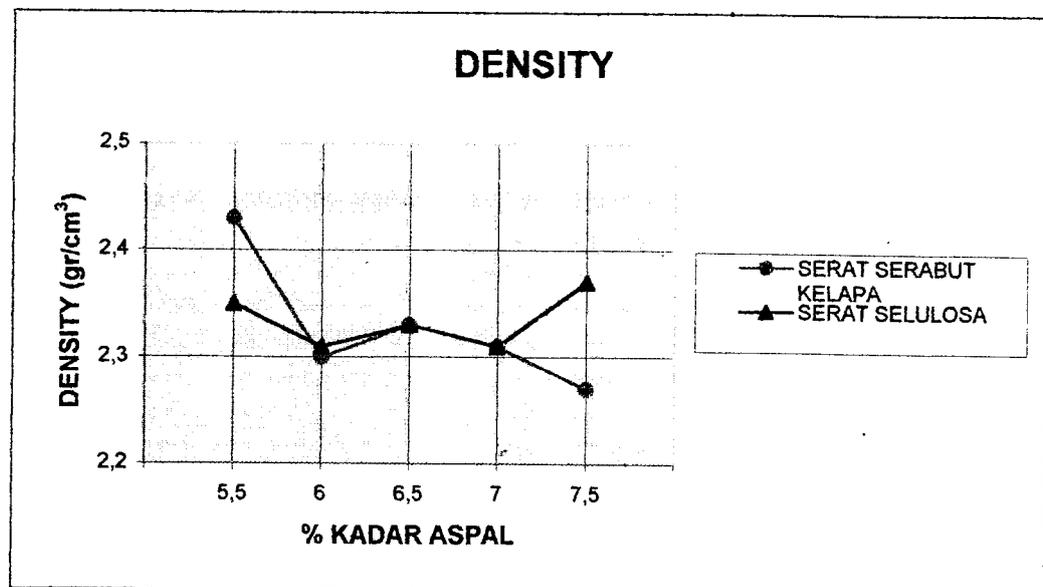
menjadi berbahaya bagi lalu lintas yang lewat di atasnya. Untuk nilai *VFWA* maksimum yang terjadi pada campuran SMA dengan kadar serat selulosa 0,3 % dengan kadar aspal 7,5% sebesar 91,38 %. Sedangkan untuk nilai *VFWA* maksimum yang terjadi pada campuran SMA dengan kadar serat serabut kelapa 0,3% dan kadar aspal 5,5 % sebesar 88,65 %. Dari hasil penelitian ini hanya campuran SMA dengan kadar serat serabut kelapa 0.3% dengan kadar aspal 6.5% dan 7.0% yang memenuhi spesifikasi Bina Marga sebesar 75% - 85%. Nilai *VFWA* yang terjadi pada kadar aspal 5,5% menimpang jauh, begitu juga pada serat serabut kelapa dengan kadar aspal 7,5% nilai *VFWA* menimpang jauh.



Gambar 6.5. Hubungan antara *VFWA* dengan kadar aspal dengan serat selulosa/serat serabut kelapa pada campuran SMA.

6.2.7. Kepadatan (*Density*)

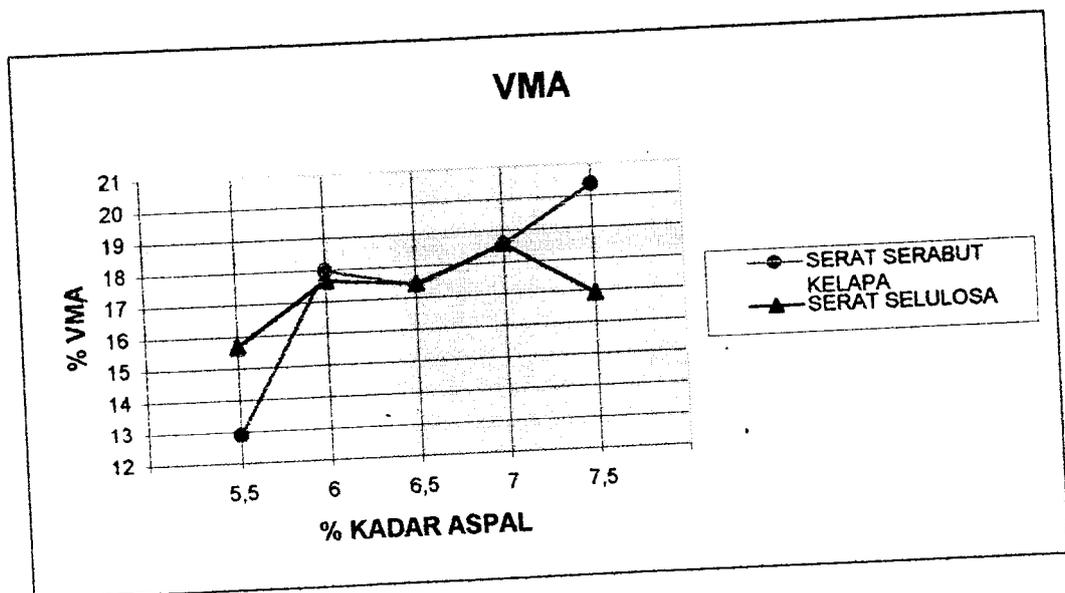
Kepadatan campuran (*density*) menunjukkan derajat kepadatan dari suatu campuran yang telah dipadatkan. Kepadatan campuran menurun seiring dengan bertambahnya kadar serat serabut kelapa. Hal ini disebabkan pada campuran SMA dengan menggunakan serat serabut kelapa mempunyai daya serap air lebih besar sehingga berat sample sewaktu ditimbang didalam air dan dalam keadaan jenuh kering permukaan (*SSD*) lebih besar dibanding campuran yang tanpa menggunakan serat serabut kelapa. Semakin besar benda uji mengandung air maka akan semakin kecil *density* yang didapat. Kepadatan yang baik juga tergantung pada suhu pemadatan, cara pemadatan dan yang benar tergantung pada kadar aspalnya. Nilai *density* dari gambar 6.6 hampir sama / berhimpit.



Gambar 6.6. Hubungan antara *Density* dengan kadar aspal, dengan serat selulosa/serat serabut kelapa pada campuran SMA.

6.2.8. Voids In The Mineral Aggregate (VMA)

VMA adalah rongga yang terletak di dalam ruang antar agregat. Untuk nilai VMA maksimal serat selulosa dan serat serabut kelapa masing-masing sebesar 18,58 % dan 20,36 %. Menurut nilai VMA serat serabut kelapa tersebut diatas berpengaruh pada campuran SMA yaitu mempunyai rongga antar agregat yang tinggi sehingga kekuatan campuran untuk menahan deformasi akibat beban berulang sangat kecil.



Gambar 6.7. Hubungan antara VMA dengan kadar aspal dengan serat selulosa/serat serabut kelapa pada campuran SMA.

6.2.9. Evaluasi Campuran SMA + Serat Serabut Kelapa Terhadap Spesifikasi Bina Marga.

Dari hasil pengujian laboratorium didapatkan campuran SMA + Serat serabut kelapa yang dibandingkan dengan spesifikasi Bina Marga, dapat dilihat pada keterangan dan tabel berikut ini .

1. Campuran dengan kadar serat serabut kelapa 0,3%, dengan kadar aspal 5,5%, 6,0%, 6,5%, 7,0% dan 7,5% untuk stabilitas memenuhi spesifikasi Bina Marga yaitu ≥ 750 kg.
2. Campuran dengan kadar serat serabut kelapa 0,3% dengan kadar aspal 5,5%, 6,0%, 6,5%, 7,0% dan 7,5% untuk *flow* memenuhi spesifikasi Bina Marga, yaitu 2 -4 mm.
3. Campuran dengan kadar serat serabut kelapa 0,3% dengan kadar aspal 6,5% untuk *ITM* memenuhi spesifikasi Bina Marga, yaitu 3% - 5%.
4. Campuran dengan kadar serat serabut kelapa 0,3% dengan kadar aspal 6,5% dan 7,0% untuk *VFWA* memenuhi spesifikasi Bina Marga yaitu 75% - 85%.

PENUTUP

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT. Karena atas rahmat dan karuniaNya maka proses penelitian dan uji laboratorium untuk Tugas Akhir ini dapat disusun dengan baik dan sistematis sesuai dengan rencana waktu yang telah ditetapkan.

Namun demikian, perlu dikemukakan bahwa dengan terbatasnya kemampuan penulis dalam ilmu teknik sipil dan pengalaman dalam terjun di lapangan, membuat Tugas Akhir ini dirasa masih kurang sempurna. Untuk itu penulis mohon kepada berbagai pihak yang berkepentingan untuk dapat menyumbangkan pikiran serta kritik membangun demi sempurnanya Tugas Akhir ini.

Akhirnya tak lupa penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberi bantuan dan bimbingan dari awal penelitian hingga tersusunnya Tugas akhir ini.

Penulis berharap, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca, khususnya mahasiswa Teknik Sipil bidang studi Transportasi serta bermanfaat bagi kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi perkerasan jalan raya dan pelabuhan udara yang ada di Indonesia.