

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Guna mendukung majunya pembangunan salah satu prasarana yang menjadi prioritas dari Pemerintah dewasa ini adalah prasarana transportasi, terlebih khusus pembangunan jalan. Pemerintah dalam melaksanakan pembangunan jalan banyak sekali ragamnya, sesuai dengan perkembangan dan kemajuan teknologi transportasi.

Seiring dengan hal tersebut, maka kebutuhan akan pembangunan jalan juga meningkat, terutama dari segi bahannya. Salah satu dari bahan tersebut adalah agregat. Agregat ini dapat dikelompokkan menjadi dua bagian, yaitu agregat kasar dan halus. Agregat halus masih dapat dibedakan lagi menjadi beberapa bagian, salah satunya adalah "filler" (bahan pengisi), yang berfungsi sebagai bahan pengisi rongga antar agregat.

Filler yang digunakan sebagai campuran beton aspal pada umumnya adalah abu batu yang merupakan hasil samping produksi pemecah batu "stone crusher". Dalam penggunaannya filler ini akan mengisi bagian yang kosong dari komposisi beton aspal.

Karena kebutuhan jalan yang semakin meningkat maka berakibat juga terhadap pemakaian filler. Maka dicari bahan alternatif yang dapat digunakan sebagai filler.

Oleh karena itu penyusun tertarik untuk mengadakan penelitian penggunaan filler dari batu kapur dan batu cadas terhadap campuran aspal beton.

Pada dasarnya batu cadas dan batu kapur dapat digolongkan sebagai batuan sedimen karbonat yang mempunyai susunan kimia hampir sama. Proses terjadinya karena pengendapan, merupakan bahan yang terbentuk lebih dahulu dan diendapkan disuatu tempat. Kedua batu ini bisa merupakan batu pecah yang diproses pemecahannya terlebih dahulu, yang mempunyai banyak sudut, sehingga susunan gradasinya pun tidak mudah terlepas dan mempunyai permukaan yang lebih luas dari pada batu alam yang berbentuk bulat. Namun secara susunan batuan yang membentuknya terdapat perbedaan diantara keduanya yaitu, pada batu kapur sedikit mengandung fosil dan ukuran butirannya lebih halus, sedangkan pada batu cadas banyak mengandung fosil dan bentuk butirannya agak kasar.

1.2 Faedah Penelitian

Dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan mendapat solusi sebagai berikut :

1. Apakah batu kapur dan batu cadas dapat digunakan sebagai bahan filler untuk pembuatan campuran beton aspal pada kadar aspal 5,5 %.
2. Diharapkan penggunaan filler dari batu kapur dan batu cadas ini bisa dipakai sebagai pemanfaatan dari bahan yang telah tersedia selain filler yang berupa debu batu dan semen.

1.3 Tujuan Penelitian

Memberikan gambaran tentang penggunaan penambahan kadar filler dari debu batu cadas dan batu kapur yang masih menghasilkan campuran beton aspal dengan karakteristik yang sesuai dengan syarat-syarat yang telah ditentukan oleh Bina Marga.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini yang diperhitungkan adalah filler batu kapur dan batu cadas yang lolos saringan nomer 200 untuk benda uji Laston dengan variasi kadar filler 2 %, 4 %, 6 % dan 8 % (interval dua), dengan menggunakan kadar aspal 5,5 %.

BAB II

TINJUAN PUSTAKA

2.1 Aspal

Aspal yang juga disebut bitumen sebagai bahan pengikat merupakan senyawa hidrokarbon berwarna coklat gelap atau hitam pekat yang tersusun dari unsur "asphaltenes", "resins" dan "oils". Asphaltenes adalah bagian yang mempunyai berat jenis terbesar, resins mempunyai berat jenis sedang dan oils mempunyai berat jenis paling kecil. Aspal pada lapis keras jalan berfungsi sebagai bahan ikat antar agregat untuk membentuk suatu campuran kompak, sehingga akan memberikan kekuatan yang lebih besar dari pada kekuatan masing-masing agregat. Aspal keras atau aspal semen (AC) adalah aspal yang dibuat dengan kekentalan dan kualitas khusus (Kerbs and Walker, 1971).

Aspal pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, jika dipanaskan sampai temperatur tertentu aspal dapat menjadi lunak atau cair, sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan beton aspal, sedangkan jika temperatur mulai turun aspal akan mengeras dan mengikat agregat (sifat termoplastis).

Aspal yang umum digunakan saat ini adalah aspal minyak yang merupakan hasil residu dari proses destilasi minyak bumi.

2.2 Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, pasir atau mineral lainnya baik berupa agregat alam maupun agregat hasil pengolahan (penyaringan, pemecahan) yang digunakan sebagai bahan penyusun utama pada perkerasan jalan.

Pemilihan jenis agregat yang dipakai untuk konstruksi perkerasan dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah tekstur permukaan, porositas, kelekatan terhadap aspal dan kebersihan (Kerb and Walker, 1971).

Agregat bentuk pecah akan memiliki gaya gesek dalam (internal friction) yang tinggi dan saling mengunci (interlock) sehingga menambah kestabilan konstruksi lapis keras. Untuk menghasilkan stabilitas yang tinggi disyaratkan bahwa minimum 40 % dari agregat tertahan saringan no.4 mempunyai paling sedikit satu bidang pecah (Kerb and Walker, 1971).

Sifat dan kualitas agregat menentukan kemampuannya dalam memikul beban lalu lintas. Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan dapat dikelompokkan menjadi :

1. Kekuatan dan keawetan (strength and durability).
2. Kemampuan dilapisi aspal dengan baik.
3. Kemudahan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang aman dan nyaman (Silvia Sukirman, 1992).

2.3 Filler

Filler merupakan bagian agregat yang digunakan dalam campuran beton aspal. Pengertian filler itu sendiri yaitu fraksi agregat halus yang berfungsi sebagai butir pengisi dalam pembuatan beton aspal yang lolos saringan no. 200 (0,074 mm). Filler ini bisa berupa debu batu, debu dolomit atau bahan lain yang dapat memenuhi syarat-syaratnya, dan harus dalam keadaan kering (kadar air maximum 1 %).

Pemberian filler pada campuran lapis keras mengakibatkan lapis keras mengalami berkurangnya kadar pori. Partikel filler menempati rongga diantara partikel-partikel yang lebih besar, sehingga ruang diantara partikel-partikel besar menjadi berkurang. Secara umum penambahan filler ini dimaksudkan untuk menambah stabilitas serta kerapatan dari campuran perkerasan.

2.4 Beton Aspal

Menurut Bina Marga pada Petunjuk Pelaksanaan Laston No.13/PT/1983, aspal beton adalah campuran antara agregat bergradasi menerus (well graded) dan aspal keras yang dicampur, dihamparkan dan dipadatkan secara panas dalam suhu tertentu. Jenis agregat yang digunakan terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan butiran pengisi (filler), sedangkan aspal yang dipakai biasanya dari jenis AC 60-70 dan AC 80-100.

Pembuatan Lapis Aspal Beton (LASTON) dimaksudkan untuk mendapatkan suatu lapisan permukaan atau lapis antara (binder) pada perkerasan jalan raya yang mampu memberikan sumbangan daya dukung serta berfungsi sebagai lapisan kedap air yang melindungi konstruksi dibawahnya.

Kriteria campuran yang harus dimiliki oleh campuran aspal adalah stabilitas, durabilitas, fleksibilitas, kekesatan serta kemudahan dalam pengerjaannya.

2.4.1 Stabilitas (Stability)

Stabilitas adalah ketahanan suatu lapis keras untuk tidak berubah bentuk atau melawan deformasi yang diakibatkan oleh beban lalu lintas. Beberapa faktor yang mempengaruhi stabilitas adalah friction, cohesion dan inertia. Suatu lapis keras mempunyai stabilitas yang tinggi apabila ketiga faktor tersebut nilainya tinggi.

Gaya geser (friction) itu sendiri tergantung pada tekstur permukaan (surface texture), gradasi agregat (aggregate gradation), bentuk batuan (particle shape), kerapatan campuran dan kuantitas aspal. Hal ini kemudian dikombinasikan dengan gesekan dan kemampuan saling mengunci dari agregat dalam campuran.

Kohesi (cohesion) merupakan sifat daya lekat dari masing-masing partikel bahan perkerasan. Kohesi batuan akan tercermin lewat sifat kekerasannya sedangkan kohesi campuran dipengaruhi oleh faktor-faktor sifat rheology

(sifat aspal yang dipengaruhi oleh jangka waktu pembebanan). Apabila mendapatkan pembebanan dengan jangka waktu yang cepat akan bersifat elastis, tetapi jika jangka waktu pembebanan lambat akan bersifat melekat (viscous). Sedangkan adhesi antar aspal dan batuan dipengaruhi oleh faktor surface texture, surface coating, surface area, porositas, reaktifitas kimia. Kekuatan adhesi bertambah seiring dengan bertambahnya jumlah aspal yang menyelimuti agregat, tetapi apabila telah mencapai nilai yang optimum maka penambahan jumlah aspal akan menyebabkan penurunan stabilitas (Krebs RD, Walker, 1971).

Inersia merupakan kemampuan lapis keras untuk menahan perpindahan tempat (resistance to displacement) yang mungkin terjadi sebagai akibat dari beban lalu lintas, baik karena besarnya beban maupun jangka waktu pembebanan dan campuran perkerasan itu sendiri. Besarnya stabilitas dari suatu jenis perkerasan kemudian distandarisasi dengan cara pengujian Marshall.

2.4.2 Durabilitas (durability)

Durabilitas dari lapis keras adalah ketahanan lapis keras terhadap pengaruh cuaca dan keausan akibat beban lalu lintas. Durabilitas dipengaruhi oleh jumlah aspal yang tinggi, gradasi batuan yang rapat air serta kekerasan dari batuan penyusun lapis perkerasan itu (The Asphalt Institute, 1983).

2.4.3 Fleksibilitas (Flexibility)

Fleksibilitas dari lapis perkerasan adalah kemampuan lapis untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume. Untuk meningkatkan nilai fleksibilitas ini lapis perkerasan dapat dilakukan dengan menggunakan aspal lunak (penetrasi tinggi) yang cukup banyak dan agregat bergradasi terbuka (open graded).

2.4.4 Kekesatan (Skid resistance)

Kekesatan adalah kemampuan lapis permukaan pada lapis perkerasan untuk memperkecil kemungkinan terjadinya selip atau tergelincirnya roda kendaraan terutama pada waktu permukaan jalan basah. Permukaan perkerasan yang kasar mempunyai kekesatan yang lebih tinggi dari pada permukaan yang halus. Kekesatan yang tinggi diperoleh dengan tekstur lapis permukaan yang kasar (Asphalt Institute, 1983).

2.4.5 Kemudahan Pekerjaan (Workability)

Workabilitas adalah kemudahan suatu campuran perkerasan untuk dihampar dan dipadatkan, sehingga didapatkan hasil yang memenuhi kepadatan yang diharapkan. Kemudahan ini penting, karena dalam pekerjaan penghamparan dan pemadatan dituntut waktu yang tepat, mengingat sangat pentingnya suhu minimum pada saat pemadatan.

2.5 Modulus Kekakuan

2.5.1 Kekakuan Bitumen (Bitumen Stiffness)

Kekakuan bitumen adalah perbandingan antara tegangan dan regangan pada bitumen yang besarnya tergantung temperatur dan lama pembebanan yang diterapkan. Nilai kekakuan bitumen dapat ditentukan dengan nomogram Van der Poel seperti pada gambar 2.1, dengan memerlukan data-data sebagai berikut :

1. Temperatur rencana perkerasan (T) dalam (°C).
2. Titik lembek atau Softening Point (SPr) dari tes ring and ball (°C).
3. Waktu pembebanan (t) dalam (detik) yang tergantung pada kecepatan kendaraan.
4. "Penetration Index" (PI).

Waktu pembebanan untuk tebal lapis perkerasan antara 100-350 mm dapat diperkirakan dari hubungan empiris yang sederhana sebagai berikut :

$$t = \frac{s}{V} \text{ detik} \dots\dots\dots (1)$$

dengan :

s = Panjang tapak roda dalam meter.

V = Kecepatan kendaraan dalam km/jam.

"Penetration Index" dihitung dari SPr (temperatur titik lembek) dan penetrasi bitumen setelah dihamparkan, dengan persamaan sebagai berikut :

$$PI_r = \frac{1951,4 - 500 \log Pr - 20 SPr}{50 \log Pr - SPr - 120,14} \dots\dots\dots (2)$$

Bitumen mengalami pengerasan selama proses pencampuran pengangkutan dan penghamparan. Nilai Penetration Index (PI) dan SPr (temperatur titik lembek) yang digunakan dalam persamaan tersebut dalam kondisi sudah dihamparkan. Untuk itu perlu dilakukan asumsi sebagai berikut :

$$Pr = 0,65 PI \dots\dots\dots (3)$$

$$SPr = 98,4 - 26,35 \log Pr \dots\dots\dots (4)$$

dengan :

PI = Penetrasi bitumen dalam kondisi asli (0,1 mm).

Pr = Penetrasi bitumen dalam kondisi dihamparkan (0,1 mm).

SPr = Temperatur titik lembek dari bitumen dalam kondisi dihamparkan (°C).

Karena kebanyakan hitungan perencanaan berdasarkan karakteristik bitumen terhadap penetrasi awalnya, maka substitusi dari persamaan (3) dan (4) kedalam persamaan (2) memberikan persamaan untuk 'Penetration Index' dalam kondisi dihamparkan sebagai berikut :

$$PI_r = \frac{27 \log PI - 21,65}{76,35 \log PI - 232,62} \dots\dots\dots (5)$$

Selain dengan menggunakan nomogram yang dikembangkan oleh Van der Poel, kekakuan bitumen dapat juga dicari dengan menggunakan persamaan yang diturunkan oleh Ullidz, sebagai berikut :

$$S_b = 1,157 \times 10^{-7} \times t^{-0,368} \times 2,718^{-PIr} \times (SPr - T)^5$$

..... (6)

dengan :

S_b = "Stiffness bitumen" (Mpa). *- kekakuan bitumen*

t = Waktu pembebanan (detik).

PIr = Recovered Penetration Index dari aspal.

SPr = Recovered Softening Point dari aspal ($^{\circ}C$).

T = Temperatur rencana perkerasan ($^{\circ}C$).

Persamaan tersebut diatas dapat dipergunakan jika memenuhi persyaratan sebagai berikut :

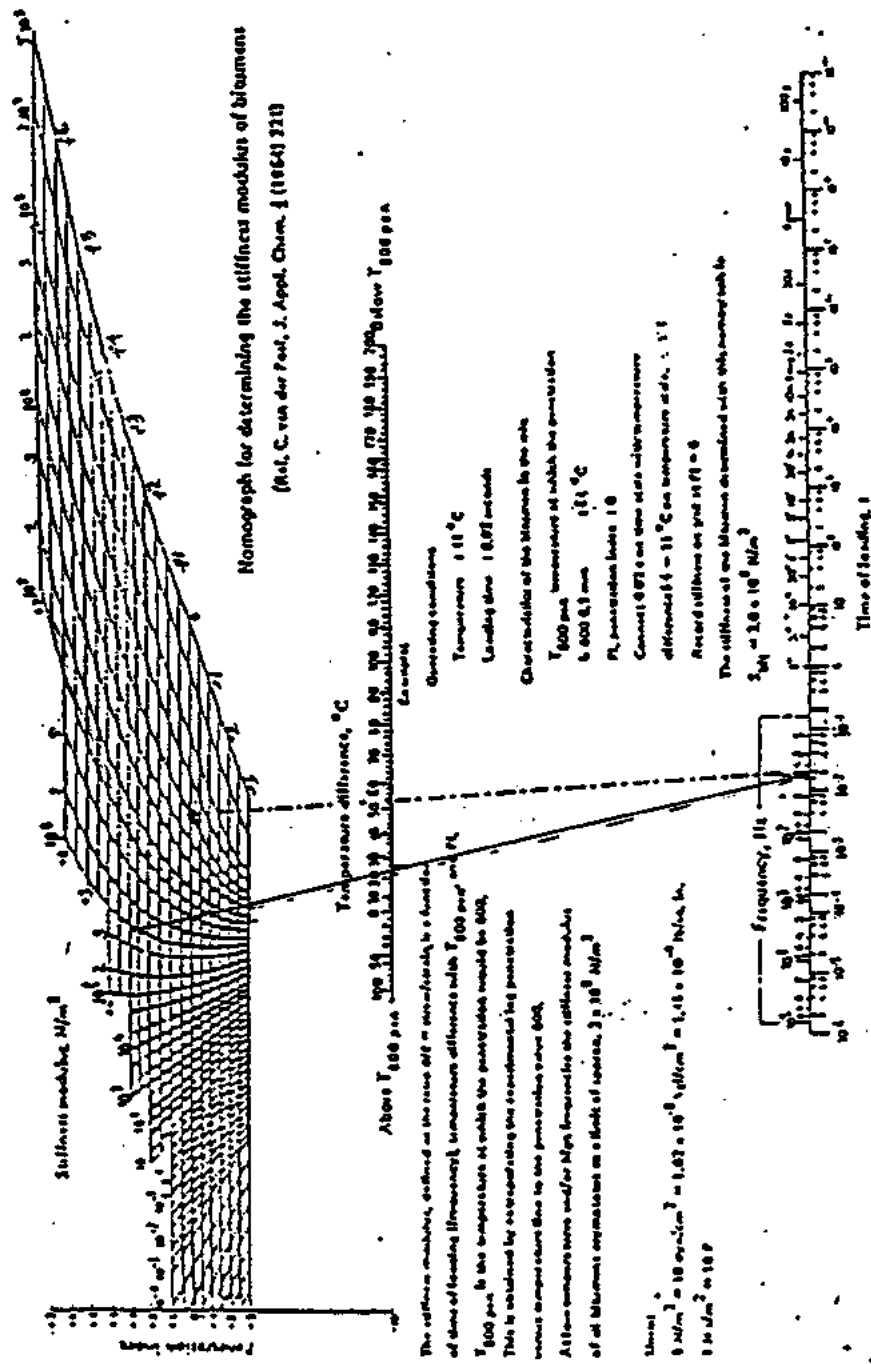
$$0,01 < t < 0,1$$

$$- 1 < PIr < 1$$

$$20^{\circ}C < (SPr - T) < 60^{\circ}C$$

Berikut ini nomogram Van der Poel untuk menghitung nilai kekakuan aspal (gambar 2.1).

bi hitung ?



Gambar 2.1 Nomogram untuk menentukan kekakuan bitumen (Sb)
Sumber : SF Brown and Janet M. Brunton (1978).

2.5.2 Kekakuan Campuran (Mix Stiffness)

Kekakuan campuran adalah perbandingan antara tegangan dan regangan pada campuran beton aspal yang besarnya tergantung dari temperatur dan lamanya pembebanan yang diterapkan. Formula atau metode yang diterapkan untuk menentukan Mix Stiffness (S_{mix}) adalah metode Shell.

Untuk mencari modulus kekakuan campuran beton aspal digunakan nomogram pada gambar 2.2. Dengan memasukkan parameter yang berupa kekuatan bahan ikat aspal (S_b) dan perbandingan volume dari bahan penyusun campuran lapis keras, maka angka kekakuan campuran (S_{mix}) dapat ditentukan. Pada metode ini diperlukan data sebagai berikut :

- a. Modulus kekakuan bitumen (N/m^2) dimana modulus kekakuan ini didapatkan dari perhitungan atau dengan nomogram seperti telah disebutkan diatas.
- b. Volume bahan pengikat (%).
- c. Volume mineral agregat (%).

Prosentase volume bahan pengikat dapat dihitung dengan persamaan :

$$V_b = \frac{(100 - V_v) (M_b / G_b)}{(M_b / G_b) + (M_a / G_a)} \dots\dots\dots (7)$$

Kadar pori dalam campuran dapat dihitung dengan persamaan :

$$V_v = \frac{(\tau_{max} - \tau_m) \times 100}{\tau_{max}} \dots\dots\dots (8)$$

$$\tau_{max} = \frac{100 \times \tau_w}{(M_b / G_b) + (M_a / G_a)} \dots\dots\dots (9)$$

Selanjutnya dapat dihitung nilai VITM agregat dengan persamaan :

$$VMA = Vb + Vv \dots\dots\dots (10)$$

$$Vv + Vb + Vg = 100 \% \dots\dots\dots (11)$$

dengan :

MA = Perbandingan berat agregat dengan total berat campuran (%).

MB = Perbandingan berat bahan ikat bitumen dengan total berat campuran (%).

Ga = Berat jenis campuran agregat.

Gb = Berat jenis bahan ikat bitumen.

τ_m = Berat volume campuran padat (kg/m^3).

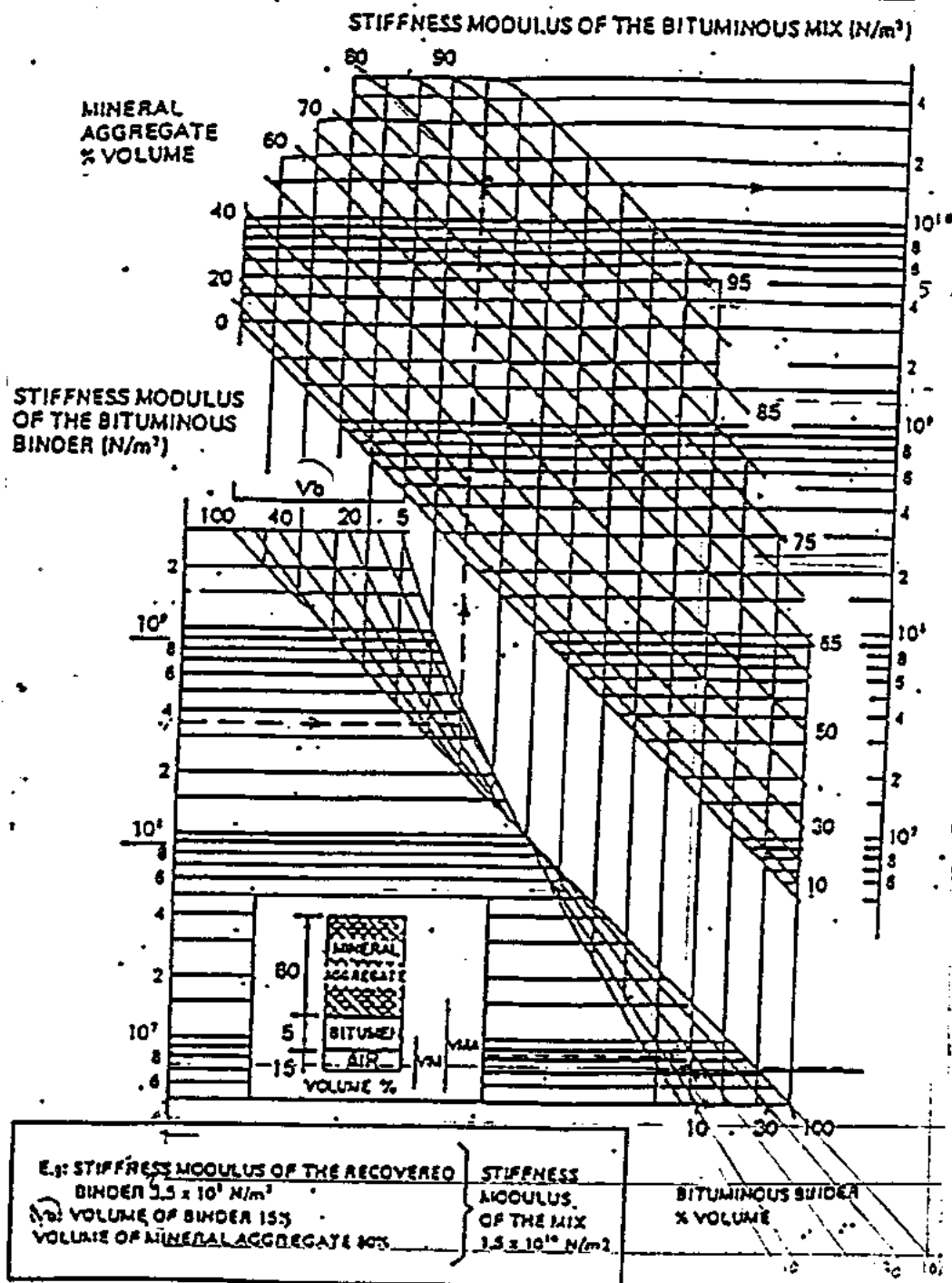
τ_w = Berat volume air (kg/m^3).

Vg = Prosentase volume agregat.

Vb = Prosentase volume bitumen.

Vv = Prosentase volume pori.

Berikut ini nomogram untuk menentukan kekakuan campuran (S-mix) (gambar 2.2).



Gambar 2.2 Nomogram untuk menentukan kekakuan campuran
 Sumber : Shell (1978)

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah suatu lapisan konstruksi yang diletakkan diatas tanah dasar (subgrade) yang berfungsi untuk mendukung beban lalu lintas secara aman dan nyaman, selanjutnya beban tersebut diteruskan atau disebarkan ketanah dasar (subgrade) sehingga tidak menimbulkan tekanan yang melampaui daya dukung tanah ijinnya. Pada umumnya perkerasan terdiri atas beberapa lapis, dengan kualitas bahan makin keatas makin baik.

Konstruksi perkerasan jalan berdasarkan bahan pengikatnya dikelompokkan menjadi tiga jenis, yaitu :

1. Perkerasan lentur (flexible pavement), perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat.
2. Perkerasan tegar (rigid pavement), perkerasan yang memakai semen (portland cement) sebagai bahan pengikat.
3. Perkerasan komposit (composite pavement), merupakan gabungan antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku.

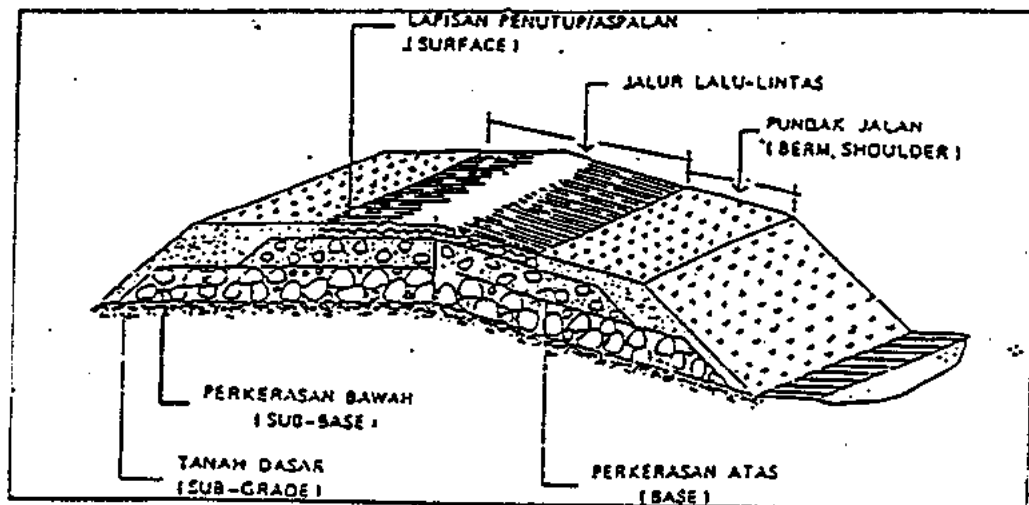
Sampai saat ini dari ketiga jenis perkerasan tersebut, perkerasan lentur masih menjadi pilihan utama untuk digunakan, sebab dirasa lebih menguntungkan dibandingkan dengan jenis perkerasan lainnya.

Menurut "Asphalt Technology and Construction Practice" (The Asphalt Institute, 1983), konstruksi perkerasan lentur digelar diatas "subgrade" dengan bagian-bagiannya adalah lapis pondasi bawah (Subbase Course), lapis pondasi atas (Base Course), dan lapis permukaan (Surface Course).

Fungsi lapisan perkerasan jalan secara struktural adalah memikul beban lalu lintas kemudian menyalurkan ke tanah dasar secara merata. Sedangkan fungsi lapis keras non struktural pada "surface course" antara lain adalah :

1. Memberikan suatu permukaan yang rata.
2. Menahan gaya geser dan beban roda.
3. Sebagai lapis aus.
4. Sebagai lapis kedap air.

Dibawah ini adalah contoh dari susunan lapis keras lentur yang sering digunakan di Indonesia (gambar 3.1).



Gambar 3.1 Susunan lapis keras pada perkerasan lentur

Sumber : Ir. D.U. Soedarsono (1979)

3.2 Bahan Penyusun Perkerasan

Bahan penyusun utama perkerasan lentur adalah agregat dan aspal sebagai bahan pengikat. Untuk menghasilkan perkerasan yang berkualitas tinggi, maka kedua bahan tersebut harus sesuai dengan persyaratan yang diijinkan. Untuk itu pemahaman atau pengertian tentang sifat dan karakteristik masing-masing bahan penyusun perkerasan harus dimengerti dengan benar, hal ini dimaksudkan untuk menghindari terjadinya kegagalan konstruksi yang disebabkan oleh bahan penyusunnya.

3.2.1 Agregat

Agregat didefinisikan sebagai batu pecah, kerikil, pasir atau komposisi mineral lainnya, baik berupa hasil alam maupun hasil pengolahan (penyaringan, pemecahan) yang merupakan bahan baku utama konstruksi perkerasan jalan raya. Pada perkerasan beton aspal yang dibuat melalui proses pencampuran panas, agregat mengisi 90-95 % berat campuran.

Menurut ukuran butirnya agregat yang digunakan beton aspal dikelompokkan menjadi tiga bagian :

1. Agregat kasar, yaitu material yang tertahan pada saringan no. 8 (2,38 mm).
2. Agregat halus, yaitu material yang lolos saringan no. 8 (2,38 mm) dan tertahan saringan no. 200 (0,074 mm).
3. Bahan pengisi (filler), yaitu fraksi agregat halus yang lolos saringan no. 200 (0,074 mm).

Pemilihan jenis agregat yang sesuai untuk digunakan pada konstruksi perkerasan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu :

1. Ukuran dan Gradasi Agregat

Ukuran agregat ditentukan oleh lolos atau tertahannya agregat pada suatu saringan. Ukuran ini akan mempengaruhi kemudahan suatu campuran untuk dikerjakan (workability) dan kepadatannya (density).

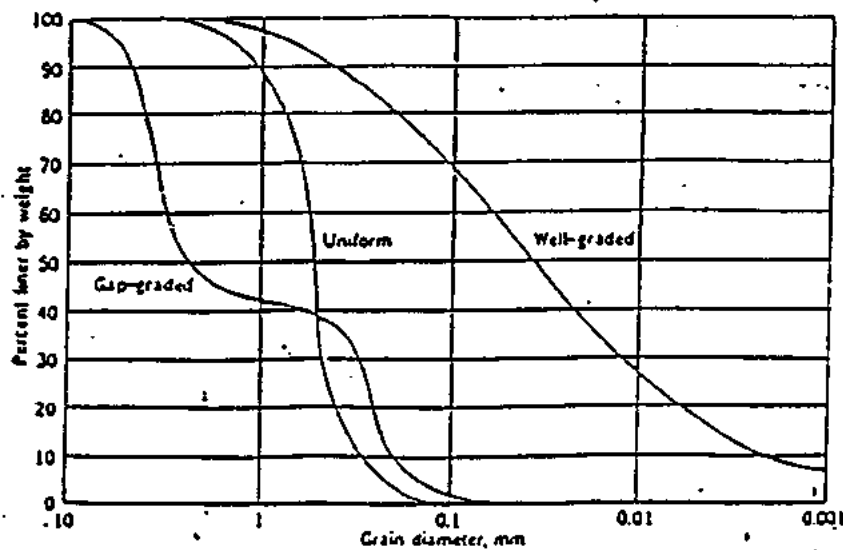
Untuk mendapatkan komposisi yang tepat sesuai dengan persyaratan yang ada, maka untuk beton aspal saringan yang digunakan adalah : 3/4", 1/2", 3/8", #4, #8, #30, #50, #100, #200, pan.

Gradasi adalah prosentase pembagian ukuran butiran agregat yang menunjukkan penyebaran besarnya ukuran agregat dari kasar sampai halus. Gradasi agregat merupakan hal yang sangat penting dalam perencanaan campuran beton aspal, karena berpengaruh terhadap stabilitas, keawetan serta kemudahan dalam pengerjaan campuran beton aspal. Gradasi agregat dapat dinyatakan dengan tabel atau grafik, tabel gradasi sekurang-kurangnya harus ada ukuran atau nomer saringan dan prosen berat lolos saringan tersebut. Grafik gradasi mempunyai dua sumbu, sumbu horisontal menyatakan ukuran saringan dalam skala logaritma, sumbu vertikal menyatakan prosentase berat lolos saringan tersebut. Pemakaian skala logaritma bertujuan agar diameter yang kecil masih dapat digambarkan. Gradasi dibedakan menjadi 3 (tiga) macam (Krebs and Walker, 1971), yaitu :

- a. Well graded, tipe gradasi terbaik. Kandungan agregat pada well graded meliputi hampir semua fraksi agregat mulai dari kasar sampai halus, sehingga dapat mengurangi rongga udara dalam campuran. Dengan demikian well graded sangat baik untuk campuran beton aspal pada lapis permukaan jalan dengan beban lalu lintas berat.
- b. Gap graded, gradasi yang dalam distribusi ukuran butirnya mempunyai kelebihan atau kekurangan salah satu atau beberapa butiran dengan ukuran tertentu (tidak menerus), sehingga dapat mengakibatkan timbulnya rongga dalam campuran. Bila rongga tersebut terjadi, kekuatan serta stabilitas struktur akan berkurang.
- c. Uniform atau one size, gradasi agregat yang dalam ukuran butirnya mengandung butiran yang ukurannya hampir sama atau seragam. Tidak berbeda dengan tipe gap graded, uniform graded dapat menimbulkan rongga dalam campuran.

Pada gambar 3.2. terlihat bahwa well graded grafiknya relatif datar dengan kelengkungan yang teratur, uniform graded grafiknya tampak curam, sedangkan grafik gap graded kelengkungannya tidak teratur (ada perubahan mendadak).

Untuk beton aspal, gradasi yang digunakan adalah gradasi menerus (Well Graded). Spesifikasi yang digunakan berpedoman pada petunjuk pelaksanaan LASTON no. 13/PT/B/1983.



Gambar 3.2 Bentuk-Bentuk Kurva Gradasi

Sumber : Krebs and Walkers (1971)

2. Kelekatan terhadap Aspal

Kelekatan agregat terhadap aspal adalah gaya tarik menarik antara agregat dan aspal. Berdasarkan gaya tarik menarik ini, agregat dibagi menjadi dua jenis :

1. Hydrophobic (menolak air).
2. Hydrophilic (menyerap air).

Dari kedua sifat tersebut memungkinkan terlepasnya aspal dari agregat (striping).

3. Kekerasan Agregat

Kekerasan agregat adalah kemampuan agregat untuk dapat menahan goresan atau abrasi. Agregat yang digunakan untuk lapisan perkerasan haruslah mempunyai daya tahan terhadap degradasi (pemecahan) yang mungkin timbul selama

proses pencampuran, pemadatan, repitisi beban lalu lintas dan desintegrasi (penghancuran) yang terjadi selama masa pelayanan jalan tersebut.

Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat degradasi yang terjadi, yaitu :

- a. Agregat yang lunak mengalami degradasi yang lebih besar dari agregat yang lebih keras.
- b. Gradasi terbuka mempunyai tingkat degradasi yang lebih besar dari pada degradasi menerus.
- c. Partikel bulat akan mengalami degradasi yang lebih besar dari pada yang berbentuk kubus.
- d. Partikel yang lebih kecil mempunyai tingkat degradasi yang lebih kecil dari partikel besar.
- e. Energi pemadatan yang lebih besar mengalami degradasi yang besar pula.

Untuk menguji kekuatan atau kekerasan agregat dilakukan pengujian dengan Los Angeles Abrasion Test, yaitu menguji ketahanan agregat terhadap keausan (Abrasion). Persyaratan keausan agregat maksimum 40 % (Petunjuk Pelaksanaan LASTON no. 13/PT/B/1987).

4. Bentuk Agregat

Bentuk agregat dibagi menjadi dua yaitu bentuk bulat dan bentuk persegi menyudut (cubikal). Bentuk agregat ini berpengaruh pada pengerjaan, stabilitas dan energi kompaksi yang dibutuhkan untuk memadatkan campuran. Agregat yang

bulat dalam campuran menyebabkan campuran tersebut mudah dikerjakan, namun stabilitas pada campuran rendah karena tidak adanya gesekan dan interlocking antar agregat. Campuran yang memiliki agregat yang bulat membutuhkan energi kompaksi yang kecil, sehingga dapat digunakan mesin gilas yang ringan. Campuran yang memiliki agregat yang berbentuk persegi dan bersudut lebih sulit dalam pengerjaannya, namun akan memberikan stabilitas campuran yang tinggi. Hal ini disebabkan karena adanya gesekan dan interlocking yang tinggi diantara partikel agregat. Campuran ini membutuhkan energi yang lebih besar sehingga perlu digunakan mesin gilas yang lebih berat.

5. Kebersihan dan Porositas

Agregat yang mengandung substansi asing harus dihilangkan sebelum digunakan dalam pencampuran perkerasan. Substansi itu misalnya tumbuh-tumbuhan, partikel halus serta gumpalan-gumpalan lumpur. Hal ini karena dapat mengurangi daya lekat aspal terhadap batuan.

Porositas mempengaruhi jumlah aspal yang digunakan dalam campuran beton aspal, sehingga porositas mempengaruhi nilai ekonomis suatu campuran. Makin tinggi porositas makin banyak aspal yang diperlukan dan makin mahal harga perkerasan tersebut. Selain itu porositas juga berpengaruh terhadap kekuatan dan kekerasan batuan itu sendiri. Semakin besar porositasnya, maka batuan akan semakin rendah

kekutan dan kekerasannya. Dengan pori yang banyak, batuan akan mudah mengandung air sehingga air dalam pori sulit dihilangkan, akibatnya akan mengganggu ikatan antara aspal dengan batuan.

3.2.2 Aspal

Aspal merupakan bahan padat atau semi padat yang tersusun dari bitumen dan mineral. Pada beton aspal, aspal yang digunakan adalah hasil residu dari minyak bumi, dan sering disebut aspal semen. Aspal semen bersifat mengikat agregat pada campuran beton aspal dan memberikan lapisan kedap air. Untuk menghasilkan lapis keras yang memenuhi persyaratan, maka bahan pembentuknya juga harus memenuhi. Beberapa sifat fisik aspal antara lain :

1. Sifat Thermoplastik

Maksudnya adalah konsistensi (viskositas) aspal yang berubah-ubah dengan berubahnya suhu, pada suhu yang tinggi viskositas rendah, aspal akan dapat menyelimuti batuan dengan baik dan rata. Tetapi apabila pemanasan yang berlebihan akan membuat molekul-molekul yang ringan menguap, sehingga dapat merusak sifat aspal yaitu aspal cepat mengeras (getas). Sebaliknya dengan pemanasan yang kurang, viskositas aspal tinggi (kental), aspal tidak mampu menyelimuti batuan secara merata, sehingga daya ikatnya dengan batuan menjadi kurang dan penyerapan oleh batuan juga akan kurang.

2. Sifat Durability

Maksudnya adalah daya tahan aspal untuk mempertahankan sifat aslinya terhadap perubahan yang diakibatkan oleh pengaruh cuaca maupun karena precessing. Itu semua dapat dilihat dari daya tahannya menjadi keras sesuai dengan jalannya waktu. Faktor-faktor yang dapat menyebabkan aspal mengeras sesuai dengan jalannya waktu adalah :

- a. Oksidasi, adalah reaksi antara oksigen dan aspal. Proses ini tergantung dari keadaan temperaturnya. Akibat dari proses ini adalah semakin berkurangnya kadar aspal dalam suatu konstruksi lapis keras. Dengan gradasi yang rapat dan void yang rendah maka dapat diperkecil masuknya air dan udara dalam konstruksi lapis keras hingga proses oksidasi menjadi lambat.
- b. Penguapan, adalah evaporasi dari bagian-bagian yang lebih ringan dari berat molekulnya. Penambahan temperatur akan mempercepat gejala penguapan, misal pada waktu mixing proses kecuali jika temperaturnya tinggi disertai dengan pengadukkan yang kuat. Mengingat hal ini maka pemanasan aspal haruslah dibawah titik nyala, serta proses pencampuran tidak terlalu lama.
- c. Polymerisasi, adalah penggabungan dari molekul-molekul sejenis untuk membentuk molekul yang lebih besar. Menurut penelitian didapatkan bahwa resins

adalah bagian yang mudah berubah-ubah, baik menjadi asphaltene atau oil. Sifat polymerisasi ini mengakibatkan aspal menjadi getas sehingga berakibat konstruksi lapis keras mudah terjadi retak-retak atau pecah-pecah.

- d. Separation, adalah pemindahan bagian-bagian oil, resins atau asphaltene sebagai akibat proses absorption selektif atau bagian-bagian tertentu oleh batuan sehingga berakibat semakin keras atau lunaknya aspal. Jadi bila yang diserap resins atau oil pada aspalnya, yang tertinggal akan mengeras, sebaliknya apabila yang diserap asphaltene pada aspal, yang tertinggal akan bertambah lunak.
- e. Syneris, adalah istilah yang menunjukkan adanya kenampakan noda-noda pada permukaan aspal. Noda ini timbul karena terjadi suatu pembentukan baru dalam aspal. Syneris, terjadi dengan ditandai noda-noda pada permukaan aspal dengan warna yang tidak homogen.

3.3 Karakteristik Perkerasan

Selain harus mudah dikerjakan dilapangan, lapisan perkerasan juga harus memenuhi karakteristik tertentu sehingga didapatkan lapis perkerasan yang kuat, awet, aman dan nyaman dilalui. Beberapa karakteristik dari perkerasan adalah sebagai berikut :

1. Stabilitas

Adalah kemampuan suatu lapis keras untuk melawan deformasi atau perubahan bentuk yang disebabkan beban lalu lintas yang harus dipikul. Stabilitas banyak tergantung pada kohesi dan gaya gesek. Sedangkan gaya gesek tergantung pada tekstur permukaan, gradasi dari agregat, bentuk batuan, kerapatan campuran dan kuantitas dari aspal.

2. Fleksibilitas

Adalah kemampuan lapis keras untuk menyesuaikan terhadap perubahan bentuk yang terjadi dibawahnya tanpa mengalami retak-retak (crack), sifat ini bertolak belakang dengan stabilitas, maka dalam perencanaan kedua sifat ini dipakai optimumnya. Biasanya penurunnya tidak terjadi secara merata, dengan demikian perkerasan harus mempunyai kemampuan menyesuaikan diri dengan perbedaan-perbedaan penurunan tanpa terjadi retak-retak (cracking). Umumnya fleksibilitas campuran beton aspal akan tinggi dengan menambah kadar aspal yang tinggi dan gradasi agregat terbuka.

3. Durability

Adalah kemampuan suatu lapis perkerasan untuk menahan keausan akibat dari perubahan yang terjadi pada aspal (oksidasi), disintegrasi dari agregat dan striping lapisan aspal dari agregat.

4. Impermeability

Adalah sifat kedap air dan udara yang dimiliki perkerasan (campuran), yaitu kemampuan untuk mencegah masuknya air dan udara ke dalam campuran. Hal ini erat kaitannya dengan jumlah rongga dalam campuran.

5. Fatigue Resistance

Adalah ketahanan perkerasan terhadap kelelahan akibat beban yang berulang-ulang. Sifat ini dipengaruhi oleh rongga udara dan viskositas aspalnya.

6. Skid Resistance

Adalah sifat kemampuan dari permukaan perkerasan untuk memperkecil kemungkinan terjadinya selip atau tergelincirnya roda kendaraan meskipun permukaan dalam keadaan basah. Hal ini erat kaitannya dengan kekasaran permukaan dari perkerasan.

3.4 Kadar Aspal dalam Campuran

Aspal dalam campuran berfungsi sebagai bahan ikat antara agregat. Aspal sebagai hasil dari alam maupun hasil dari penyaringan minyak kasar, mempunyai sifat-sifat yang tersendiri, khususnya sifat peka terhadap perubahan temperatur.

Penggunaan aspal dalam campuran sangat menentukan tingkat kedapannya terhadap air dan udara. Semakin

banyak kadar aspal dalam campuran akan semakin rapat campuran tersebut, karena sebagian rongga dalam campuran dapat tersisi oleh aspal, sebaliknya bila kadar aspal terlalu sedikit maka campuran akan kurang rapat, karena banyak rongga yang masih kosong. Disamping itu penggunaan aspal yang banyak juga akan memberikan ikatan yang baik terhadap campuran, tetapi dengan kadar aspal yang berlebihan akan mengakibatkan naiknya aspal kepermukaan lapis keras bersamaan dengan naiknya temperatur sekitarnya, hal ini mengakibatkan kondisi yang kurang menguntungkan, tetapi penggunaan aspal yang banyak akan mempertinggi durabilitas. Sehingga perlu dicari kadar aspal optimumnya.

BAB IV

HIPOTESIS

Aspal dalam fungsinya sebagai bahan pengikat akan banyak berpengaruh terhadap konstruksi lapis keras, baik ditinjau secara kuantitas maupun kualitas. Pemakaian aspal secara kuantitas merupakan perwujudan/pelaksanaan dari rencana campuran (mix design) yang dibuat. Sedangkan secara kualitas lebih banyak berhubungan dengan cara pelaksanaan dilapangan.

Pada lapis keras beton aspal sebagai lapis permukaan jalan, karakteristiknya sangat dipengaruhi oleh kadar aspal dan agregat serta suhu dan waktu saat pencampurannya. Penambahan bahan filler dengan kadar dan jenis tertentu, juga akan mempengaruhi perilaku/sifat-sifat beton aspal. Dalam hal ini hipotesis yang dapat dikemukakan, apakah pada kondisi kadar filler batu kapur dan batu cadas dengan kadar 2 %, 4 %, 6 % dan 8 % pada kadar aspal 5,5 % dapat dipergunakan sebagai material campuran beton aspal.

BAB V

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan melalui beberapa tahap, mulai dari persiapan, pemeriksaan mutu bahan yang berupa agregat dan aspal, perencanaan campuran sampai tahap pelaksanaan pengujian dengan Marshall Test.

5.1 Bahan

5.1.1 Asal Bahan

Bahan agregat dan aspal yang dipakai untuk penelitian ini diperoleh dari PT. Perwita Karya Yogyakarta. Aspal yang digunakan adalah jenis AC 60-70 produksi Pertamina Cilacap diperoleh dari PT. Perwita Karya Yogyakarta, sedangkan agregat pengisi (filler) yang berupa batu cadas berasal dari daerah Kudus (lintas Pantura), Jawa Tengah dan batu kapur diperoleh dari daerah Gunung Kidul.

5.1.2 Persyaratan dan Pemeriksaan Bahan

Bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian sebelumnya diuji di Laboratorium untuk mendapatkan bahan penelitian yang memenuhi spesifikasi. Pengujian yang dilakukan sebelumnya meliputi :

1. Pemeriksaan Agregat

Pemeriksaan agregat atau batuan merupakan komponen utama dari perkerasan jalan yang mengandung 90-95% agregat berdasarkan prosentase berat atau 75-85% agregat berdasarkan prosentase volume. Adapun untuk mengetahui kualitas agregat dilakukan pemeriksaan sebagai berikut :

- a. Tingkat keausan, ketahanan agregat terhadap penghancuran diperiksa dengan percobaan Abrasi yang menggunakan mesin Los Angeles berdasarkan PB.0206-76. Nilai Abrasi menunjukkan banyaknya benda uji yang hancur akibat tumbukan dan gesekan antar partikel dengan bola-bola baja pada saat terjadinya putaran. Nilai Abrasi $> 40 \%$ menunjukkan agregat tidak mempunyai kekerasan cukup untuk digunakan sebagai bahan lapis perkerasan.
- b. Daya lekat terhadap aspal, diperiksa sesuai prosedur PB.0205-76. Kelekatan agregat terhadap aspal dinyatakan dalam prosentase luas permukaan batuan yang tertutup aspal terhadap keseluruhan luas permukaan dan besarnya minimal 95 %.
- c. Gradasi, untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan peraturan dan persyaratan Direktorat Jendral Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum, gradasi agregat ini diperiksa dengan saringan. Didalam penelitian ini saringan yang dipakai adalah $3/4''$, $1/2''$, $3/8''$, no.4, no.8, no.30, no.50, no.100, no.200, pan.

- d. Peresapan agregat terhadap air, dilakukan untuk mengetahui besarnya air yang terserap oleh agregat. Besarnya peresapan agregat yang diijinkan mempunyai nilai maksimum 3 %. Air yang telah diserap oleh agregat sukar dihilangkan seluruhnya walaupun melalui proses pengeringan, sehingga mempengaruhi daya lekat aspal terhadap agregat.
- e. Berat jenis (specific gravity), adalah perbandingan berat volume agregat dan berat volume air. Pemeriksaan berat jenis mengikuti prosedur PB.0202-76 dengan persyaratan minimum 2,5 gr/cc. Besarnya berat jenis agregat penting untuk diketahui karena perencanaan campuran agregat dengan aspal direncanakan berdasarkan perbandingan berat dan juga untuk menentukan banyaknya pori.
- f. Sand equivalent test, dilakukan untuk mengetahui kadar debu/bahan yang menyerupai lempung pada agregat halus. Sand equivalent test dilakukan untuk agregat yang lolos saringan no. 4 sesuai prosedur AASTHO T-176-73. Nilai yang disyaratkan minimum 50 % adanya lempung dapat mempengaruhi mutu campuran agregat dengan aspal, karena lempung membungkus partikel-partikel agregat sehingga ikatan antara agregat dengan aspal berkurang, juga dengan adanya lempung mengakibatkan luas daerah yang harus diselimuti aspal bertambah.

2. Pemeriksaan Filler berdasarkan Bina Marga

Filler merupakan bagian dari agregat yang mempunyai fraksi sangat halus. Filler dapat berupa abu batu, abu kapur, semen dan sebagainya.

Khusus dalam penelitian ini filler yang digunakan adalah batu kapur dan batu cadas yang lolos saringan no. 200. Sedangkan Petunjuk Pelaksanaan Laston No. 13/PT/B1983, Depaartemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jen-dral Bina Marga, gradasi dari mineral filler berada dalam batas-batas seperti terlihat dalam tabel 5.1 berikut ini :

Tabel 5.1 Gradasi Mineral Filler

UKURAN SARINGAN No. (mm)	FILLER % LOLOS	HASIL (%)
No. 30 (0,59 mm)	100	100
No. 50 (0,279 mm)	95 - 100	100
No. 100 (0,149 mm)	90 - 100	100
No. 200 (0,074 mm)	70 - 100	100

Sumber : Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (LASTON)
No. 13/PT/B/1983.

3. Pemeriksaan Bahan ikat Aspal

Aspal merupakan hasil produksi dari bahan-bahan alam, sehingga sifat-sifat aspal harus selalu diperiksa di laboratorium. Aspal yang memenuhi syarat-syarat yang telah ditetapkan dapat digunakan sebagai bahan pengikat perke-rasan. Pemeriksaan yang dilakukan untuk aspal keras adalah sebagai berikut :

- a. Penetrasi, pemeriksaan ini bertujuan untuk memeriksa tingkat kekerasan aspal. Prosedur pemeriksaan mengikuti PA-0301-76 atau AASHTO T-49-68. Biasanya angka penetrasi untuk aspal AC 60-70 adalah antara 60 sampai dengan 79.
- b. Titik lembek, pemeriksaan ini dilakukan untuk mencari temperatur pada saat dimana aspal mulai menjadi lunak. Pemeriksaan ini menggunakan cincin yang terbuat dari kuningan dan bola baja dengan diameter 9,53 mm seberat 3,5 gram. Titik lembek adalah suhu dimana suatu lapisan aspal dalam cincin yang diletakkan horisontal didalam larutan air atau gliserin yang dipanaskan secara teratur menjadi lembek dan jatuh pada ketinggian 1 inchi (25,4 mm) dari plat dasar. Pemeriksaan mengikuti PA-0302-76 atau AASHTO T-53-74 dengan nilai yang disyaratkan 48°C sampai dengan 58°C.
- c. Titik nyala dan titik bakar, pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan suhu pada saat terlihat nyala singkat pada suatu titik di atas permukaan aspal (titik nyala) dan suhu pada saat terlihat nyala sekurang-kurangnya 5 detik pada suatu titik di atas permukaan aspal (titik bakar). Pemeriksaan ini mengikuti prosedur PA-0303-76 atau AASHTO T-48-74, dengan besar nilai yang disyaratkan minimum 200°C.
- d. Kelarutan dalam CCL₄, pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan kadar bitumen yang larut dalam

karbon tetraklorida/karbon bisulfida. Prosedur pemeriksaan mengikuti PA-0305-76 atau AASHTO T-44-70, dengan persyaratan minimum 99%.

- e. Daktilitas aspal, tujuan pemeriksaan ini untuk mengetahui, sifat kohesi dalam aspal itu sendiri dengan mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi bitumen keras belum putus, pada suhu dan kecepatan tarik tertentu. Pemeriksaan ini mengikuti prosedur PA-0306-76 atau AASHTO T-51-74. Besar nilai daktilitas aspal yang disyaratkan minimal 100 cm.
- f. Berat jenis, adalah perbandingan antara berat aspal dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu. Prosedur pelaksanaan mengikuti PA-0306-76 atau AASHTO T-228-68, dengan nilai yang disyaratkan sebesar 1 gr/cc. Berat jenis aspal diperlukan untuk perhitungan dalam analisis campuran.

5.1.3 Hasil Pemeriksaan

Hasil dari pemeriksaan agregat dan aspal yang dilakukan di laboratorium Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia diatas dibandingkan dengan persyaratan yang harus dipenuhi untuk masing-masing nilai menurut spesifikasi dari Laston No. 13/PT/B/1983, Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Bina Marga, seperti terlihat pada tabel 5.2, 5.3, dan 5.4 berikut ini :

Tabel 5.2 Persyaratan agregat kasar dan hasil pemeriksaan Laboratorium

JENIS PEMERIKSAAN	SYARAT	HASIL
1. Keausan dengan mesin Los Angeles	Max 40%	37,56 %
2. Kelekatan terhadap aspal	> 95%	> 95 %
3. Peresapan terhadap air	Max 3%	2,0002 %
4. Berat jenis	Min 2,5 gr/cc	2,5037 gr/cc

Sumber : Laston No. 13/PT/B/1983 dan hasil penelitian di laboratorium Jalan Raya JTS-FTSP UII.

Tabel 5.3 Persyaratan agregat halus dan hasil pemeriksaan laboratorium

JENIS PEMERIKSAAN	SYARAT	HASIL
1. Nilai Sand Equivalent	Min 50%	73,6842 %
2. Peresapan terhadap air	Max 3%	0,4016 %
3. Berat jenis	Min 2,5 gr/cc	2,8766 gr/cc

Sumber : Laston No. 13/PT/B/1983 dan hasil penelitian di laboratorium Jalan Raya JTS-FTSP UII.

Tabel 5.4 Persyaratan Aspal AC 60-70 dan hasil pemeriksaan laboratorium.

JENIS PEMERIKSAAN	SYARAT		HASIL	SATUAN
	Min	Max		
1. Penetrasi	60	79	62,0	0,1 mm
2. Titik Lembek	48	58	51,5	°C
3. Titik Nyala dan Titik Bakar	200	-	336 & 360	°C
4. Kehilangan Berat	-	0,4	0,037	% berat
5. Kelarutan dalam CCL4	99	-	99,0	% berat
6. Daktilitas	100	-	115,5	cm
7. Penetrasi setelah kehilangan berat	75	-	75,60	% semula
8. Berat Jenis	1	-	1,042	gr/cc

Sumber : Laston No. 13/PT/B/1983 dan hasil penelitian di laboratorium Jalan Raya JTS-FTSP UII.

Dari hasil pemeriksaan bahan seperti tersebut diatas, bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini telah memenuhi persyaratan sebagai bahan penelitian. Hasil penelitian selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

Sedangkan untuk masing-masing agregat filler yang digunakan, diperiksa berat jenisnya. Dari hasil pemeriksaan di laboratorium didapat :

- Berat jenis abu batu kapur = 2,470 gr/cc
- Berat jenis abu batu cadas = 2,000 gr/cc

5.2 Perencanaan Campuran Ideal

5.2.1 Gradasi Agregat Ideal

Mengacu pada peraturan dan persyaratan Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum, maka gradasi agregat ideal untuk beton aspal adalah seperti pada tabel 5.5 dibawah ini :

Tabel 5.5 Gradasi agregat ideal dari beton aspal

UKURAN	SARINGAN	LOLOS SARINGAN	IDEAL
19,10	mm	100	100
12,70	mm	80 - 100	90
9,52	mm	70 - 90	80
4,76	mm	50 - 70	60
2,38	mm	35 - 50	42,5
0,59	mm	18 - 29	23,5
0,279	mm	13 - 23	18
0,149	mm	8 - 16	12
0,074	mm	4 - 10	7

Sumber : Laston no. 13/PT/B/1983.

5.2.2 Penggunaan Kadar Aspal

Berdasarkan Peraturan dan Persyaratan Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum, untuk klasifikasi volume lalu lintas berat maka aspal yang di-

gunakan sebagai perencanaan adalah aspal keras (asphalt cement) Pen 60-70 yang memenuhi SKBI-2.4.26-1987, kadar aspal menurut peraturan tersebut untuk campuran beton aspal berkisar antara 4 % sampai 7 % terhadap berat campuran. Dalam penelitian ini digunakan kadar aspal 5,5 %.

5.3 Pemeriksaan Benda uji Campuran Beton Aspal

5.3.1 Alat yang Digunakan

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Jalan Raya, JTS - FTSP, Universitas Islam Indonesia, dengan menggunakan alat-alat sebagai berikut :

1. Alat tekan Marshall yang terdiri dari :
 - a. Kepala penekan yang berbentuk lengkung.
 - b. Cincin penguji berkapasitas 2500 kg (5000 lbs) dengan ketelitian 12,5 kg (25 lbs), dilengkapi dengan arloji tekan dengan ketelitian 0.0025 cm (0,0001").
 - c. Arloji penunjuk kelelahan dengan ketelitian 0,25 mm (0,01").
2. Cetakan benda uji berbentuk silinder berdiameter 10 cm, tinggi 7,5 cm (3") lengkap dengan pelat alas dan leher sambung.
3. Ejector untuk melepas benda uji setelah dipadatkan.
4. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(200 \pm 3)^{\circ}\text{C}$.

5. Penumbuk yang mempunyai permukaan tumbuk rata berbentuk silinder, dengan berat 4,536 kg (10 lbs) dan tinggi jatuh beban 45,7 cm (18").
6. Landasan pematik terdiri dari balok kayu (jati atau yang sejenis), berukuran kira-kira 20x20x45 cm (8"x8"x18") yang dilapisi dengan pelat baja berukuran 30x30x2,5 cm (12"x12"x1") dan diikatkan pada lantai beton dengan empat bagian siku.
7. Bak perendam (water bath) dilengkapi dengan suhu minimum 20°C.
8. Perlengkapan :
 - a. Panci-panci untuk memanasi agregat, aspal dan campuran aspal.
 - b. Pengukur suhu berkapasitas 250°C dan 100°C dengan ketelitian 0,5 atau 1 % dari kapasitas.
 - c. Timbangan yang harus dilengkapi penggantung benda uji berkapasitas 2 kg dengan ketelitian 0,1 gr dan timbangan berkapasitas 5 kg dengan ketelitian 1 gr.
 - d. Kompor.
 - e. Sarung tangan.
 - f. Spatula.
 - g. Sendok pengaduk dan perlengkapan lain.

5.3.2 Prosedur Penelitian

1. Persiapan Benda uji

Pada penelitian ini kadar filler yang dipakai berjumlah masing-masing 2 %, 4 %, 6 % dan 8 % dari berat agregat. Sedangkan jenis filler yang digunakan ada dua macam yaitu debu batu kapur dan debu batu cadas.

Untuk memperoleh hasil gradasi yang diinginkan (sesuai dengan spesifikasi yang akan digunakan), maka saringan yang digunakan adalah 3/4", 1/2", 3/8", no.4, no.8, no.30, no.50, no.100, no.200, pan. Hasil penyaringan tersebut dipisah-pisahkan sesuai dengan nomor saringan dan dihitung kebutuhannya sesuai persen berat tertahan. Berat total campuran agregat dan aspal untuk satu benda uji sebesar 1200 gram, yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, filler serta aspal.

Adapun spesifikasi gradasi agregat yang digunakan pada penelitian ini, seperti pada tabel 5.6 dibawah ini :

Tabel 5.6 Gradasi campuran agregat ideal berdasarkan spesifikasi Bina Marga Laston

UKURAN SARINGAN	SPESIFIKASI % LOLOS	GRADASI IDEAL	
		% lolos	% tertahan
3/4 (19,1 mm)	100	100	0
1/2 (12,7 mm)	80 - 100	90	10
3/8 (9,52 mm)	70 - 90	80	20
no. 4 (4,76 mm)	50 - 70	60	40
no. 8 (2,36 mm)	35 - 50	42,5	57,5
no. 30 (0,59 mm)	18 - 29	23,5	76,5
no. 50 (0,279 mm)	13 - 23	18	82

Lanjutan tabel 5.6

UKURAN SARINGAN	SPESIFIKASI % LOLOS	GRADASI IDEAL	
		% lolos	% tertahan
no.100 (0,149 mm)	13 - 23	18	82
no.200 (0,007 mm)	4 - 10	7	93
Pan	0	0	100

Benda uji dibuat berdasarkan variasi formulasi kadar filler dengan jumlah filler tertentu dari dua jenis filler yang direncanakan. Benda uji dibuat masing-masing 3 (tiga) buah (triplo). Jadi untuk 4 (empat) macam komposisi filler dan 2 (dua) jenis formulasi kadar filler, akan dibuat benda uji sebanyak : $3 \times (4 \times 2) = 24$ benda uji.

Mula-mula dibuat 12 buah campuran dengan kadar filler yang bervariasi (2 %, 4 %, 6 %, 8 %) dengan masing-masing campuran memakai kadar aspal 5,5 %, kemudian campuran tersebut dicetak dan ditumbuk sebanyak 2 x 75 kali, diukur tinggi benda ujinya. Benda uji direndam selama 24 jam pada suhu ruang dan dilakukan penimbangan dalam air serta kering permukaan (SSD), kemudian benda uji dimasukkan kedalam Water Bath selanjutnya diperiksa dengan tes Marshall. Hasil pengujian ini dibandingkan dengan persyaratan untuk lapis beton aspal (Laston). Adapun persyaratannya adalah sebagai berikut :

1. Stabilitas (Kg) : 750 minimum
2. Kelelehan (mm) : 2 - 4
3. Rongga dalam campuran (%) : 3 - 5
4. Rongga terisi aspal (%) : 75 - 82

2. Pembuatan Benda uji

Cara pembuatan benda uji adalah sebagai berikut : diambil sebagai contoh pembuatan benda uji dengan kadar filler 2 %, maka komposisinya adalah :

- Berat sample = 1200 gram
- Berat aspal = $5,5 \% \times 1200 \text{ gram} = 66 \text{ gram}$
- Berat agregat = $1200 - 66 = 1134 \text{ gram}$

Misal pada kadar filler 2 %, maka :

- Berat filler = $2 \% \times 1134 = 22,68 \text{ gram}$
- Berat agregat kasar = $1134 - 22,68 = 1111,32 \text{ gram}$

Maka berat total campuran = $1111,32 + 22,68 + 66$
= 1200 gram

Kemudian urutan kerja selanjutnya adalah sebagai berikut :

1. Agregat sebanyak 1134 gram dipanaskan sampai mencapai suhu $\pm 170^{\circ}\text{C}$, demikian juga aspalnya hingga mencapai $\pm 150^{\circ}\text{C}$.
2. Setelah itu aspal dan agregat dicampur didalam pemanas dengan suhu pencampuran $\pm 160^{\circ}\text{C}$.
3. Cetakan benda uji disiapkan, dibersihkan dan diberi vaselin.
4. Setelah bagian bawah dari cetakan diberi selembar kertas, campuran dituangkan kedalam cetakan sambil ditusuk-tusuk dengan spatula agar benda uji tidak terlalu berongga dan bagian atasnya juga diberi kertas sebelum dilakukan pemadatan.

5. Selanjutnya dilakukan pemadatan dengan alat penumbuk sebanyak \pm 75 kali, kemudian posisi benda uji dibalik dan ditumbuk pula sebanyak 75 kali sehingga satu benda uji dilakukan sebanyak 2×75 kali.
6. Setelah selesai penumbukan benda uji didinginkan dan dikeluarkan dari cetakan dengan bantuan ejector.



2. Cara Pengujian

Benda uji yang telah dibuat, diuji dengan test Marshall. Langkah-langkah pengujian adalah sebagai berikut :

1. Benda uji dibersihkan dari kotoran yang menempel.
2. Benda uji diberi tanda pengenal.
3. Setiap benda uji diukur tingginya 3 kali pada tempat yang berbeda kemudian diambil rata-ratanya dengan ketelitian 0,1 mm.
4. Benda uji ditimbang dalam keadaan kering.
5. Benda uji direndam \pm 24 jam agar menjadi jenuh.
6. Setelah jenuh, ditimbang dalam air guna mendapatkan volume/isi benda uji.
7. Benda uji dikeluarkan dari bak perendam kemudian dikeringkan dengan kain hingga menjadi kering permukaan (SSD) lalu ditimbang.
8. Benda uji direndam dalam Water Bath selama 30 menit, dengan suhu perendaman 60°C.
9. Kepala penekan alat Marshall dibersihkan dan permukaannya dilumasi dengan vaselin atau oli agar benda uji mudah dilepas.
10. Setelah benda uji dikeluarkan dari Water Bath, segera diletakkan pada alat uji Marshall yang dilengkapi dengan arloji kelelahan (flow meter) dan arloji pembebanan (stabilitas).
11. Pembebanan dimulai dengan kecepatan tetap 50 mm/menit hingga mencapai maksimum, yaitu saat

pembebanan berhenti dan berbalik arah, saat itu pula dibaca flow meternya.

12. Benda uji dikeluarkan dari alat uji Marshall setelah pembebanan selesai.
13. Kemudian benda uji berikutnya siap diuji seperti diatas.

5.4 Anggapan Dasar

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengkaji pengaruh penggunaan batu kapur dan batu cadas sebagai filler pada campuran beton aspal dan perilakunya. Yang dimaksud terhadap perilaku beton aspal disini adalah pengaruh terhadap nilai-nilai density, VITM, VFWA, stability, flow dan Marshall quotient.

Dalam pelaksanaan penelitian ini dianggap bahwa peralatan yang digunakan selama berlangsungnya penelitian dalam keadaan standar. Sedangkan bahan-bahan untuk penelitian seperti agregat dan aspal dalam keadaan yang sama, maksudnya bahwa kualitas bahan dianggap sama seperti pada hasil pengujian bahan-bahan.

5.5 Cara Analitis

Dari hasil penelitian yang dilakukan di laboratorium diperoleh data antara lain sebagai berikut :

1. Persen aspal terhadap batuan (a).
2. Persen aspal terhadap campuran (b).

3. Berat benda uji sebelum direndam air (gram).
4. Berat benda uji didalam air (gram).
5. Berat benda uji kering permukaan/SSD (gram).
6. Tebal benda uji (mm).
7. Pembacaan arloji stabilitas (Kg).
8. Pembacaan arloji flow (mm).

Dari data diatas dapat dihitung nilai-nilai dari density, VITM, VFWA, stability, flow, Marshall quotient. Cara perhitungannya adalah sebagai berikut :

1. Berat jenis maksimum teoritis (h), dipakai rumus :

$$h = \frac{100}{\frac{\% \text{ agregat}}{BJ \text{ agregat}} + \frac{\% \text{ aspal}}{BJ \text{ aspal}}}$$

2. Density, nilai density (BD) dihitung dengan rumus :

$$BD = g = c/f$$

$$f = d - e$$

dengan :

c = berat benda uji sebelum direndam (gr)

d = berat benda uji jenuh air (gr)

e = berat benda uji dalam air (gr)

f = isi benda uji (ml)

g = berat isi benda uji (gr/ml)

3. VFWA (Void Filled With Asphalt)

Untuk memperoleh nilai VFWA (% rongga dalam terisi aspal) terlebih dahulu menghitung nilai-nilai dari :

- a. Prosentase aspal terhadap campuran, dengan rumus :

$$b = \frac{a}{100 + a} \times 100 \%$$

dengan :

a = prosen aspal terhadap batuan (%)

b = prosen aspal terhadap campuran (%)

- b. Isi benda uji, dengan rumus :

$$f = d - e$$

dengan :

d = berat dalam keadaan jenuh (gram)

e = berat dalam air (gram)

f = isi (ml)

- c. Berat isi benda uji, dengan rumus :

$$g = \frac{c}{f}$$

dengan :

c = berat uji sebelum direndam (gram)

f = isi (ml)

g = berat isi benda uji (gr/ml)

- d. Persen rongga terhadap agregat, dengan rumus :

$$l = 100 - j$$

dengan :

$$j = \frac{(100 - b) \times g}{bj \text{ agregat}}$$

Dari data diatas maka dapat dihitung nilai VFWA sebagai berikut :

$$V = 100 \times \frac{i}{l}$$

dengan :

$$i = \frac{b \times g}{bj \text{ agregat}}$$

l = prosentase rongga terhadap agregat (%)

4. VITM (Void In Total Mix)

Untuk mendapatkan nilai VITM (% rongga dalam campuran), digunakan rumus :

$$V = 100 - (100 \times g/h)$$

dengan :

g = berat isi benda uji

h = berat jenis maksimum teoritis

5. Stabilitas (stability)

Nilai stabilitas benda uji diperoleh dari hasil pembacaan arloji stabilitas alat tekan Marshall. Nilai stabilitas ini masih harus dirubah kedalam satuan Kg dengan kalibrasi proving ring dan kemu-dian dikalikan dengan koreksi ketebalan benda uji. Untuk merubah dari angka yang terbaca dalam arloji stabilitas ke dalam satuan Kg, dapat dipergunakan rumus :

$P = O \times \text{kalibrasi proving ring}$

dan

$g = P \times \text{koreksi tebal sample}$

dengan :

$O = \text{pembacaan arloji (stabilitas)}$

6. Kelelehan (flow)

Nilai kelelehan didapat dari pembacaan arloji flow yang menyatakan besarnya kelelehan plastis benda uji. Nilai ini harus dikalikan dengan angka 0,01 (dalam satuan inchi) dan kemudian dirubah kedalam satuan mm.

7. Marshall quotient (QM)

Nilai Marshall quotient diperoleh dengan rumus :

$$QM = \frac{s}{r}$$

dengan :

QM = nilai Marshall quotient (Kg/mm)

r = nilai kelelehan (mm)

s = nilai stabilitas terpakai Kg)

5.6 Kesulitan-kesulitan dan Penyelesaiannya

Pada penelitian di laboratorium, ada beberapa kesulitan-kesulitan yang menghambat jalannya penelitian. Kesulitan tersebut terutama disebabkan karena keterbatasan alat yang dimiliki oleh laboratorium seperti mesin penggi-

las mild untuk menghaluskan filler batu cadas dan batu kapur, sehingga peneliti harus menumbuk secara manual agar batu cadas dan batu kapur tersebut bisa lolos saringan no. 200.

Kemudian alat timbangan yang terdapat di laboratorium kebanyakan sudah kurang tepat, sehingga peneliti kesulitan untuk mendapatkan hasil timbangan yang betul-betul teliti. Tetapi hal tersebut dapat teratasi dengan mengadakan pengecekan setiap melakukan penimbangan, meskipun akan menyita waktu yang cukup banyak dan setelah dilakukan pengecekan dianggap timbangan telah dalam kondisi baik.

Kesulitan lain adalah alat pemadat (compactor) yang penggunaannya masih secara manual. Hal ini cukup menyulitkan peneliti untuk mendapatkan hasil penelitian yang lebih akurat karena semua penumbukan dilakukan dengan tenaga manusia, maka faktor kelelahan akan berpengaruh sehingga menyebabkan tinggi jatuh bebas dari alat penumbuk akan berlainan dan menyebabkan kekuatan tumbukan akan berbeda pula. Selain itu peneliti juga harus menghitung jumlah tumbukan agar tidak melebihi dari jumlah yang telah ditentukan.

Namun secara keseluruhan kesulitan-kesulitan tersebut dapat teratasi walaupun kurang dari sempurna.