

JURNAL TEKNIK SIPIL

SUSUNAN REDAKSI

PENANGGUNG JAWAB	: Rektor Universitas Bandar Lampung
KETUA DEWAN PENYUNTING	: IR. LILIES WIDOJOKO, MT
DEWAN PENYUNTING	: DR. IR. ANTONIUS, MT (Univ. Sultan Agung Semarang) : DR. IR. NUROJI, MT (Univ. Diponegoro) : DR. IR. FIRDAUS, MT (Univ. Sriwijaya) : DR. IR. Hery Riyanto, MT (Univ. Bandar Lampung) : APRIZAL, ST., MT (Univ. Bandar Lampung)
DESAIN VISUAL DAN EDITOR	: FRITZ AKHMAD NUZIR, ST., MA(LA)
SEKRETARIAT DAN SIRKULASI	: IB. ILHAM MALIK, ST, SUROTO ADI
Email	: jtsipil@ubl.ac.id
ALAMAT REDAKSI	: Jl. Hi. Z.A. PAGAR ALAM NO. 26 BANDAR LAMPUNG - 35142 Telp. 0721-701979 Fax. 0721 – 701467

Penerbit
Program Studi Teknik Sipil
Universitas Bandar Lampung

Jurnal Teknik Sipil Universitas Bandar Lampung (UBL) diterbitkan 2 (dua) kali dalam setahun yaitu pada bulan Oktober dan bulan April



Jurnal Teknik Sipil UBL

Volume 7, Nomor 2, Oktober 2016

ISSN 2087-2860

DAFTAR ISI

Susunan Redaksi	ii
Daftar Isi	iii
1. Studi Kasus Kerusakan Jalan Struktur Ruas Jalan Terbanggi Besar – Bujung Tenuk Kabupaten Tulang Bawang Hery Riyanto	958-968
2. Analisis Investasi Bangunan Ruko dengan Metode <i>Break Event Point</i>, <i>Payback Periode</i>, dan <i>Net Present Value</i> Sugito	969-984
3. Pengujian Pematatan Campuran Beton Aspal Lilies Widjoko	985-1006
4. Analisis Jumlah Armada Optimum Bus Damri Jurusan Tanjung Karang- Teluk Betung Yulfriwini.....	1007-1019
5. Optimasi Waktu Pelaksanaan Proyek Menggunakan Microsoft Project Susilowati.....	1020-1038

PENGUJIAN PEMADATAN CAMPURAN BETON ASPAL

LILIES WIDOJOKO

Dosen Universitas Bandar Lampung

E-mail : lilieswidojoko@ubl.ac.id

Abstrak

Daya dukung, keawetan, dan mutu perkerasan jalan ditentukan oleh sifat-sifat agrerat dan hasil campuran agrerat dengan material lainnya. Beberapa sifat agrerat yang menentukan kualitas dan sifat-sifat lapis perkerasan jalan adalah gradasi agregat, ukuran maksimum, kekerasan dan ketahanan, bentuk butiran dan tekstur permukaan. Sifat-sifat agrerat ini tergantung dari jenis dan asal agrerat. Gradasi atau distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agrerat merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas perkerasan. Gradasi agrerat mempengaruhi besarnya rongga antar butir yang menentukan stabilitas dan kemudahan dalam proses pelaksanaan. Sehingga diperlukan penelitian untuk mengetahui karakteristik lapis aspal beton dari campuran yang ada.

Dari hasil pengujian campuran beton aspal dengan menggunakan alat marshall, maka diperoleh : (1) Nilai Stabilitas (stability) masih diatas ketentuan minimal yaitu minimal 500 Kg, nilai-nilai yang didapat dari hasil pengujian tersebut adalah 737.752 Kg, 823.451 Kg, 681.862 Kg, 652.054 Kg. (2) Nilai Flow dalam standar yang ditentukan minimal 4,0 mm dan maksimal 4,0 mm, hasil pengujian dengan variasi kadar aspal 4% sampai dengan 6% ini adalah 4,1 mm, 3,133 mm, 4,9 mm, 5,7 mm, 5,6 mm. (3) Marshall Quotient yang diperoleh adalah 184.481 Kg/mm, 262.300 Kg/mm, 146.681 Kg/mm, 120.794 Kg/mm, 118 Kg/mm. (4) Besarnya rongga di Udara adalah 10.130%, 9.751%, 5.503%, dan 8.609%. (5) Nilai kadar aspal optimum (asphalt content) dari penelitian ini tidak didapat dari gambar, sehingga perlu dilakukan penelitian ulang terhadap penelitian ini.

Kata Kunci : Beton, *Marshall*, *Flow*

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan merupakan salah satu sarana yang penting berkaitan erat di bidang ekonomi dan sosial. Kerusakan pada jalan secara langsung akan mengakibatkan terganggunya sektor perhubungan sehingga mempengaruhi bidang ekonomi dan sosial. Banyak faktor penyebab terjadinya kerusakan pada jalan yaitu agrerat sebagai komponen utama dan aspal sebagai bahan penyakit.

Pada perencanaan campuran sebaiknya mempertimbangkan bahan-bahan campuran

yang ada di sekitar lokasi perkerasan yang direncanakan. Bahan-bahan campuran tersebut adalah agrerat, aspal, dan filler. Perencanaan campuran dengan menggunakan metode Bina Marga dimulai dari kadar aspal efektif yang tetap sesuai dengan yang telah ditetapkan dalam spesifikasi. Pencampuran agrerat yang tersedia di lokasi divariasikan untuk dapat memenuhi syarat rongga udara dan stabilisasi.

Daya dukung, keawetan, dan mutu perkerasan jalan ditentukan oleh sifat-sifat agrerat dan hasil campuran agrerat dengan

material lainnya. Beberapa sifat agregat yang menentukan kualitas dan sifat-sifat lapis perkerasan jalan adalah gradasi agregat, ukuran maksimum, kekerasan dan ketahanan, bentuk butiran dan tekstur permukaan. Sifat-sifat agregat ini tergantung dari jenis dan asal agregat.

Gradasi atau distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas perkerasan. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga antar butir yang menentukan stabilitas dan kemudahan dalam proses pelaksanaan. Sehingga diperlukan penelitian untuk mengetahui karakteristik lapis aspal beton dari campuran yang ada.

1.2 Identifikasi Masalah

Sifat dan kualitas agregat menentukan kemampuannya dalam memikul beban lalu lintas. Agregat dengan kualitas dan sifat yang baik di butuhkan untuk lapisan beton aspal yang langsung memikul beban lalu lintas dan menyebarkan ke lapisan di bawahnya.

Diantara sifat agregat agar kualitas beton aspal dapat memikul beban lalu lintas dengan baik adalah kemampuan agregat untuk dilapisi aspal dengan baik, yang di pengaruhi oleh kemungkinan basah dari agregat tersebut.

Menurut Dirjen Bina Marga, dijelaskan bahwa kekeringan sangat penting supaya dapat melekat dengan baik pada agregat, aspal tidak akan melekat pada batu yang basah. Tetapi dijelaskan juga bahwa batuan yang di pergunakan dalam konstruksi masih diizinkan dalam batas batuan yang lembab.

1.3 Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada :

1. Jenis lapis perkerasan permukaan yang digunakan adalah lapis aspal beton (laston).

2. Beton aspal di rencanakan memikul beban untuk kepadatan lalu lintas sedang.
3. Agregat yang dipakai terdiri dari agregat kasar berasal dari Tanjung, Lampung Selatan dan pasir dari Gunung sugih, Lampung Tengah.
4. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap dtabilitas lapisan beton aspal di sesuaikan dengan syarat *Dirjen Bina Marga*.
5. Meneliti stabilitas statis laston dengan alat *marshall*.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.4.1 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui karakteristik lapis aspal beton (laston) untuk jalan raya dan untuk mengetahui kadar aspal optimum.

1.4.2 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan suatu masukan kepada pihak-pihak yang terkait dalam masalah pembangunan jalan. Terutama dalam pemilihan gradasi atau campuran lapis aspal beton yang sesuai dengan karakteristik yang dikehendaki.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Sejak tahun 1970-an, seiring dengan tersedianya peralatan mekanis berupa AMP, serta untuk mempercepat program rehabilitasi jalan di Indonesia, maka secara meluas mulai dilaksanakan konstruksi perkerasan campuran aspal panas, berupa beton aspal tipe gradasi menerus (*asphaltic concrete*). Konstruksi ini pada umumnya berfungsi cukup baik di lapangan, utamanya dalam pembuatan jalan baru (dengan lapis pondasi dan pondasi bawah material berbutir). Namun pada pelapisan jalan lama yang lendutannya cukup besar maka untuk mengimbangnya perlu lapis tambahan yang tebal serta kaku.

2.1 Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua, pada

temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat sampai agak padat (Sukirman, 1992), aspal adalah suatu substansi berwarna hitam-hitaman yang di dapat dari minyak bumi dengan proses evaporasi.

Sedangkan menurut (Ismanto, 1993) aspal adalah campuran yang terdiri dari bitumen dan mineral atau bitumen yang di maksud adalah bahan yang berwarna coklat hingga hitam, keras, hingga cair.

Sebagai salah satu material konstruksi perkeiasan lentur, aspal merupakan salah satu komponen kecil, umumnya hanya 4-10 % berdasarkan berat atau 10-15 % berdasarkan volume (Sukirman, 1992).

2.2 Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan suatu campuran aspal untuk menerima beban sampai terjadi kelelahan plastis yang dinyatakan dalam kilogram atau pound.

Pengukuran stabilitas dengan metode Marshall diperlukan untuk mengetahui kekuatan tekan geser dari contoh yang akan ditahan dua sisi kepala penekan (porsi tekanan kohesi lebih dominan dari porsi tahanan pengunci butir). Dengan nilai stabilitas yang cukup tinggi maka diharapkan perkerasan bisa menahan beban lalu lintas tanpa terjadi kehancuran geser (Sjahdanulirwan, 1996).

Campuran harus memiliki ketahanan terhadap deformasi permanen yang disebabkan oleh beban lalu lintas. Stabilitas suatu campuran dapat diperoleh dari adanya sifat interlocking agregat dalam campuran ataupun dengan menggunakan aspal berpenetrasi rendah.

2.3 Kepadatan

Kepadatan umumnya serupa dengan stabilitas, hanya saja kadar aspal optimum kepadatan biasanya lebih besar daripada kadar aspal optimum untuk stabilitas. Proses pemadatan campuran beraspal dengan dua

kali 75 tumbukan yang dimaksudkan untuk menstimulasikan kondisi campuran setelah melayani lalu lintas. Namun ternyata berdasarkan studi yang pernah dilakukan Puslitbang Jalan menunjukkan bahwa pemadatan tersebut gagal untuk mewakili kepadatan yang diharapkan, terutama pada perkerasan dengan lalu lintas berat (Zamhari, 1997).

2.4 Kelelahan (*Flow*)

Kelelahan (*Flow*) adalah perubahan plastis suatu campuran aspal yang terjadi akibat beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm atau 0,01.

Parameter kelelahan diperlukan untuk mengetahui besarnya *deformasi vertikal* saat dibebani hingga hancur. Kelelahan ini biasanya meningkat dengan bertambahnya kadar aspal.

2.5 Rongga dalam Campuran (VIM = Voids in Mixture) dan Rongga dalam Agregat (VMA = Voids in Mineral Aggregate)

Voids in Mixture (VIM) adalah volume rongga yang berisi udara di dalam campuran aspal yang dinyatakan dalam % volume.

Voids in Mineral Aggregate (VMA) adalah volume rongga yang terdapat di antara butir-butir agregat dari suatu campuran aspal yang telah dipadatkan, termasuk didalamnya adalah rongga udara dan rongga yang terisi aspal efektif, dinyatakan dalam % volume.

Persyaratan rongga dalam campuran dan rongga dalam agregat akan memberikan campuran yang seimbang yaitu mempunyai stabilitas terhadap deformasi permanen dan sekaligus mempunyai ketahanan terhadap retak leleh. Campuran aspal dengan VMA yang rendah akan menimbulkan kontradiksi terhadap dua kepentingan tersebut di atas. Bila VMA yang rendah diberikan cukup banyak aspal untuk mengisi rongga yang ada, akan muncul masalah deformasi plastis

karena rendahnya VIM. Namun sebaliknya, bila diberikan kadar aspal yang relatif rendah untuk memenuhi syarat VIM akan timbul masalah dan retak leleh karena kekurangan aspal (Zamhari, 1997).

Rongga dalam campuran yang terlalu kecil akan menimbulkan *bleeding*, sedangkan jika terlalu besar akan menimbulkan oksidasi/penuaan aspal (Syahdanulirwan, 1996).

III. LANDASAN TEORI

3.1 JenisKonstruksiPerkerasan

Berdasarkan bahan pengikatnya konstruksi jalan dapat dibedakan atas:

- a. Konstruksi Perkerasan Lentur (*flexible pavement*)
Yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat.
- b. Konstruksi Perkerasan Kaku (*rigid pavement*)
Yaitu perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan pengikat.
- c. Konstruksi Perkerasan Komposit (*composit pavement*)
Yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur, dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku di atas perkerasan lentur.

Dalam penelitian ini menggunakan aspal sebagai bahan pengikat pada lapisan permukaan (*surface course*) dengan jenis campuran lapis aspal beton (*laston*).

3.2 LapisAspalBeton(Laston)

Lapis aspal beton (*laston*) adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan raya yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus, dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Aspal beton terdiri dari campuran agregat kasar, agregat halus

dengan bahan pengikat aspal dalam perbandingan yang teliti dan diatur. Secara luas dipakai dalam lapisan permukaan jalan dengan lalu-lintas berat, lapangan terbang, dibawah segala macam cuaca.

3.2.1 JenisAspaiBeton

Berdasarkan jenis aspal, aspal beton digolongkan dalam beberapa jenis antara lain

- a. Aspal beton pracampur panas (*hot mix*), aspal yang digunakan adalah aspal keras (*cement asphalt*).
- b. Aspal beton pracampur hangat (*warm mix*), aspal yang digunakan adalah aspal cair (*cut back asphalt*).
- c. Aspal beton pracampur dingin (*cold mix*), aspal yang digunakan adalah aspal emulsi (*emulsion asphalt*).

3.2.2 FungsiLapisAspalBeton

Lapis aspal beton mempunyai fungsi sebagai berikut:

- a. Sebagai lapisan kedap air untuk melindungi badan jalan dari kerusakan akibat pengaruh cuaca.
- b. Sebagai lapisan aus.
- c. Sebagai pendukung beban lalu lintas.
- d. Menyediakan permukaan jalan rata dan tidak licin.

3.2.3 SifatLapisAspalBeton

Sifat lapis aspal beton adalah :

- a. Tahan terhadap keausan akibat beban lalu lintas.
- b. Kedap air.
- c. Mempunyai nilai struktural yang tinggi.
- d. Mempunyai stabilitas yang tinggi.
- e. Peka terhadap penyimpangan perencanaan dan pelaksanaan.

3.2.4 PersyaratanUmumLapisAspal Beton

Penggunaan campuran untuk konstruksi jalan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

- a. Kekuatan (*stability*), harus tahan terhadap deformasi akibat dari beban statis ataupun dinamis.

- b. Lendutan (*flexibility*), harus dapat menahan terjadinya retak-retak (*cracking*).
- c. Ketahanan (*durability*), harus tahan terhadap pengaruh lalu lintas dan cuaca.
- d. Kemudahan mengerjakan (*workability*), harus dapat dihampar dengan mudah dan dipadatkan sampai dengan kepadatan yang diinginkan.
- e. Pelayanan (*safety*), untuk lapis permukaan harus cukup rata dan tidak mudah hancur.
- f. Kedap air (*stiffness*), harus cukup kaku menahan tingginya distribusi beban lalu lintas (Dairi. 1996).

3.3 Gradasi dan Ukuran Maksimum Agregat

Gradasi atau distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas perkerasan. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga antar butir yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan dalam proses pelaksanaan. Gradasi agregat diperoleh dari hasil analisa saringan dengan menggunakan 1 set saringan yang paling kasar diletakkan di atas dan yang paling halus terletak paling bawah. 1 set saringan dimulai dari pan dan diakhiri dengan tutup. Gradasi agregat dapat dibedakan atas :

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.
2. Gradasi rapat (*dense graded*), merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang berimbang, sehingga dinamakan juga agregat bergradasi baik (*well graded*).
3. Gradasi buruk (*poorly graded*), merupakan campuran agregat yang tidak memenuhi 2 kategori di atas atau juga disebut gradasi celah (*gap graded*).

3.3.1 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah material yang tertahan pada saringan no. 8 atau 2,38 mm. Fungsi agregat kasar adalah untuk memberikan kekuatan pada campuran. Agregat kasar harus terdiri dari batu pecah atau kerikil pecah yang bersih, kering, kuat, awet, berasal dari sumber dan jenis yang sama dan bebas dari bahan lain yang mengganggu.

3.3.2 Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat yang lolos saringan no. 8 (2,38 mm) dan tertahan saringan no. 200 (0,074 mm). Agregat harus bersih, kering, kuat, bebas dari gumpalan lempung, memiliki butir-butir yang tajam dan permukaan yang kasar.

3.3.3 Agregat Pengisi (*Filler*)

Bahan yang cocok untuk *filler* ialah batu kapur, semen dan debu mineral halus lainnya yang tidak kurang dari 65% melalui saringan no. 200.

Fungsi utama dari filler di dalam laston adalah untuk mengisi bagian-bagian yang masih kosong di antara susunan butir-butir agregat, baik pada agregat kasar maupun agregat halus. Dengan adanya *filler* maka gradasi campuran secara keseluruhan akan lebih baik, sehingga campuran agregat bersama bahan pengikat aspal keras akan membentuk lapisan yang lebih sempurna.

Tabel 3.1 Gradasi Bahan Pengisi

Ukuran Saringan	Persentase Berat yang Lolos
No. 30 (0,59 mm)	100
No. 50 (0,279 mm)	95 - 100
No. 100 (0,149 mm)	90 - 100
No. 200 (0,074 mm)	65 - 100

3.4 Karakteristik Lapis Aspal Beton

Untuk lapis aspal beton beberapa persyaratan yang harus dipenuhi jika dilakukan pengujian cara marshall,

persyaratan campuran lapis aspal beton dapat dilihat pada tabel 3.2 dan persyaratan untuk prosentase minimum rongga dalam agrerat tergantung pada ukuran maksimum agrerat yang digunakan dalam campuran terdapat pada tabel 3.3.

Tabel 3.2 Persyaratan Campuran Lapis Aspal Beton

Misi Campuran	Lapis Dasar (D175)		Lapis Atas (D109)		Lapis Bawah (D138)	
	Sifat (Sifat)		Sifat (Sifat)		Sifat (Sifat)	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Berat (kg)	116	-	101	-	114	-
Ketebalan (mm)	110	40	110	40	110	40
Stabilitas (gram)	200	250	200	150	200	150
Rongga dalam campuran tidak terdapat	3	4	3	4	3	4
Indek perbandingan	25	-	25	-	25	-

Tabel 3.3 Prosentase Minimum Rongga dalam Agrerat

Ukuran Maksimum Nominal Agrerat	Prosentase Minimum Rongga dalam Agrerat
No. 10 (1,18 mm)	23,5
No. 8 (2,36 mm)	21,0
No. 4 (4,75 mm)	18,0
3/8 inci (9,50 mm)	16,0
1/2 inci (12,5 mm)	15,0
3/4 inci (19,0 mm)	14,0
1 inci (25,0 mm)	13,0
1,5 inci (37,5 mm)	12,0

3.5 Stabilitas Lapis Aspal Beton

Stabilitas adalah kemampuan maksimum suatu benda uji campuran aspal dalam menahan beban sampai terjadi kelelahan plastis, yang dinyatakan dalam satuan beban maksimum (Kg). Stabilitas pada lapis aspal beton merupakan hasil penguncian antar agrerat, geser antar butir agrerat dan daya ikat dari lapisan aspal dengan agrerat. Susunan agrerat dengan gradasi rapat akan menghasilkan stabilitas yang tinggi dan rongga udara dalam campuran yang kecil. Ukuran agrerat juga mempengaruhi stabilitas lapis aspal beton. Ukuran agrerat maksimum yang besar akan memerlukan susunan atau distribusi agrerat yang semakin bervariasi, mulai dari yang besar sampai yang kecil, sehingga susunan

semakin sedikit jika menggunakan ukuran agrerat maksimum yang besar. Tetapi pemakaian ukuran agrerat maksimum yang besar akan mengurangi kemudahan dalam proses pencampuran dan degradasi menjadi lebih besar.

3.6 Kelelahan Lapis Aspal Beton

Kelelahan (*flow*) adalah besarnya perubahan bentuk plastis suatu campuran beraspal yang terjadi akibat suatu beban sampai batas keruntuhan, dinyatakan dalam satuan panjang. Kelelahan pada lapis aspal beton dipengaruhi oleh rongga di dalam campuran (*Voids in Mix = VIM*) dan rongga dalam agrerat (*Volume in Mineral Aggregate = VMA*).

3.6.1 Rongga di dalam Agrerat (Volume in Mineral Aggregate = VMA)

Rongga di dalam agrerat adalah volume rongga yang terdapat di antara butir-butir agrerat suatu campuran beraspal padat, termasuk rongga terisi aspal efektif, dinyatakan dalam % volume. Rongga di dalam agrerat dihitung dengan rumus :

$$VMA = \text{Rongga dalam aspal - rongga dalam campuran} \% \dots\dots\dots(3.3)$$

VMA yang tinggi dan kadar aspal yang tinggi menyebabkan perkerasan menjadi lebih fleksibel.

3.7 Gradasi dan Ukuran Agrerat

Gradasi dan ukuran agrerat merupakan hal penting dalam perencanaan campuran beton aspal, karena gradasi adalah susunan agrerat yang menunjukkan penyebaran besarnya ukuran butir agrerat dari ukuran kasar sampai halus, sangat mempengaruhi stabilitas, keawetan, serta kemudahan dalam pengerjaan campuran beton aspal (laston). Jadi gradasi terbaik adalah gradasi yang memiliki bermacam-

macam ukuran butir dari ukuran besar sampai kecil, sedemikian rupa sehingga setelah pemadatan hanya sedikit rongga yang tersisa.

3.8 Gradasi Lapis Aspal Beton

Gradasi adalah distribusi dari ukuran agrerat, ditentukan dengan melaksanakan analisa saringan dan mengukur gerak agrerat yang tertahan untuk tiap-tiap ukuran saringan serta dihitung berdasarkan % lolos saringan. Gradasi menerus yang rapat adalah suatu komposisi yang menunjukkan pembagian butir merata mulai dari ukuran terbesar sampai terkecil dengan komposisi agrerat kasar dan halus dalam porsi seimbang. Pada gradasi rapat kontak antar butir baik sehingga menghasilkan stabilitas perkerasan yang tinggi. Penyebaran butir saling mengisi sehingga menghasilkan kepadatan yang tinggi dan volume antar agrerat yang kecil. Volume antar agrerat yang kecil menyebabkan lapisan aspal yang menyelimuti agrerat tipis sehingga pada campuran dengan gradasi rapat menghasilkan durabilitas relatif rendah.

3.9 Pemeriksaan Stabilitas Statis

Dari pemeriksaan alat marshall, diperoleh data-data stabilitas yang menunjukkan kekuatan, ketahanan terhadap terjadinya alur dan kelelahan plastis (flow) yang merupakan indikator terhadap lentur dimana pemeriksaan stabilitas statis menggunakan lalu lintas berat dengan 75 kali tumbukan. Stabilitas statis sangat ditentukan oleh penggunaan agrerat kasar yang lebih dominan, sehingga akan menghasilkan penguncian antar agrerat dan geser antar butir agrerat yang baik dan pada akhirnya rongga antar butiran yang kecil. Ukuran agrerat maksimum yang besar akan memerlukan susunan atau distribusi agrerat yang semakin bervariasi, mulai dari yang besar sampai kecil sehingga susunan butir semakin rapat dan pada akhirnya menghasilkan stabilitas besar.

Dari pemeriksaan alat Marshall, diperoleh data-data sebagai berikut (Sukirman, 1992):

- Stabilitas
Stabilitas menunjukkan kekuatan, ketahanan terhadap terjadinya alur (*rutting*).
- Pelelehan (*flow*)
Pelelehan dapat merupakan indikator terhadap lentur.
- Persen rongga
Merupakan indikator dari keawetan/daya tahan (*durabilitas*)
- Persen rongga dalam agregat
Merupakan indikator dari keawetan/daya tahan (*durabilitas*)
- Berat volume
Dari pemeriksaan dapat dianalisa nilai kadar aspal optimum (OAC).

3.10 Daya Lekat Agregat Terhadap Aspal (*Affinity For Asphalt*)

Faktor yang mempengaruhi lekatan aspal dan agregat dapat dibedakan atas dua bagian yaitu sifat mekanis dan sifat kimiawi. Sifat mekanis yang tergantung dari:

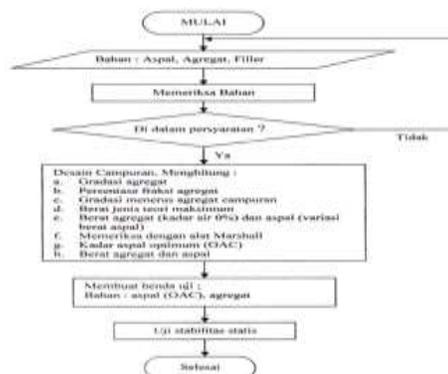
- Pori-pori dan absorpsi.
- Bentuk dan tekstur permukaan.
- Ukuran butir.

Agregat berpori berguna untuk menyerap aspal sehingga ikatan antara aspal dan agregat baik. Tetapi terlalu banyak pori dapat mengakibatkan banyak aspal yang terserap menjadi tipis, (Sukirman, 1992). Air yang terserap oleh agregat sukar dihilangkan seluruhnya walaupun melalui proses pengeringan sehingga mempengaruhi daya lekat aspal dengan agregat.

IV. METODE PENELITIAN

4.1 Langkah-Langkah Penelitian

Gambar 4.1 Bagan alur penelitian



4.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni dan Juli 2005 di Laboratorium, Fakultas Teknik Universitas Bandar Lampung.

4.3 Bahan

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Agregat Kasar yang digunakan adalah berupa batu pecah yang berasal dari Tanjungan, Lampung Selatan.
- Agregat Halus yang digunakan adalah pasir alam yang berasal dari Gunung Sugih, Lampung Tengah.
- Aspal yang digunakan adalah aspal dengan penetrasi 60.

4.4 Prosedur Pengujian di Laboratorium

Sebelum di lakukan pengujian *Marshall*, terlebih dahulu dilakukan pengujian terhadap bahan-bahan agregat yang akan di gunakan.

4.4.1 Pengujian Penetrasi Bahan-bahan Bitumen (PA-0301-76)

Maksud:

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan penetrasi bitumen keras atau lembek (solid atau semi solid) dengan memasukkan jarum penetrasi ukuran tertentu, beban dan waktu tertentu kedalam bitumen pada suhu tertentu.

Peralatan :

- Alat Penetrasi yang dapat menggerakkan pemegang jarum naik-turun tanpa gesekan dan mengukur penetrasi sampai 0,1 mm.
- Pemegang jarum seberat $(47,5 \pm 0,05)$ gram yang dapat dilepas dengan mudah dari alat penetrasi.
- Pemberat dari (50 ± 50) gram dan $(100 \pm 0,05)$ gram masing-masing dipergunakan untuk mengukur penetrasi dengan beban 100 gram dan 200 gram.
- Jarum penetrasi dibuat stainless steel. Ujung jarum harus berbentuk kerucut terpancung.

e. Cawan contoh terbuat dari logam atau gelas berbentuk silinder dengan dasar rata-rata.

f. Bak perendam (waterbath)

Terdiri dari bejana dengan isi tidak kurang dari 10 liter dan dapat menahan suhu tertentu dengan ketelitian kurang dari 0,1 C. bejana dilengkapi plat dasar berlubang-lubang, terletak 50 mm diatas dasar bejana dan tidak kurang dari 10 mm dibawah permukaan air bejana.

g. Tempat air untuk benda uji ditempatkan di bawah alat penetrasi. Tempat tersebut mempunyai isi tidak kurang dari 350 ml, dan tinggi yang cukup untuk merendam benda uji tanpa bergerak.

h. Pengukur waktu

Untuk pengukuran penetrasi dengan tangan diperlukan stopwatch dengan skala pembagian terkecil 0,1 detik atau kurang dan kesalahan tertinggi 0,1 detik per 60 detik. Untuk pengukuran penetrasi dengan alat otomatis kesalahan alat tersebut tidak boleh melebihi 0,1 detik,

i. Termometer.

Benda Uji:

Panaskan contoh perlahan-lahan serta aduklah hingga cukup air untuk dapat dituangkan. Pemanasan contoh untuk ter tidak lebih dari 60°C diatas titik lembek dan untuk bitumen tidak lebih dari 90°C diatas titik lembek. Waktu pemanasan tidak boleh melebihi 30 menit. Aduklah perlahan-lahan agar udara tidak masuk kedalam contoh.

Setelah contoh cair merata tuangkan kedalam tempat contoh dan diamkan hingga dingin. Tinggi contoh dalam tempat tersebut tidak kurang dari angka penetrasi di tambah 10 mm.

Tutuplah benda uji agar bebas dari debu dan diamkan pada suhu ruang selama 1 sampai 1,5 jam untuk benda uji kecil dan 1,5 sampai 2 jam untuk benda uji yang besar.

Cara melakukan :

- Letakkan benda uji dalam tempat air yang kecil dan masukkan tempat air

dalam tersebut dalam bak perendaman yang telah berada pada suhu yang ditentukan. Diamkan dalam bak tersebut selama 1 sampai 1,5 jam untuk benda uji kecil dan 0,5 sampai 2 jam untuk benda uji besar.

- b. Periksa pemegang jarum agar dapat dipasang dengan baik dan bersihkan jarum penetrasi dengan toluene atau pelarut lain kemudian keringkan jarum tersebut dengan lap bersih dan pasang jarum pada pemegang jarum.
- c. Letakkan pemberat 50 gram diatas jarum untuk memperoleh beban sebesar $(100 \pm 0,1)$ gram.
- d. Pindahkan tempat air dari bak perendam kebawah alat penetrasi.
- e. Turunkan jarum perlahan-lahan sehingga jarum tersebut menyentuh permukaan benda uji. Kemudian aturlah angka nol di arloji penetrometer, sehingga jarum penunjuk berimpit dengannya.
- f. Lepaskan pemegang jarum dan serentak jalankan stopwatch selama jangka waktu $(5 \pm 0,1)$ detik.
- g. Putarlah arloji penetrometer dan bacalah angka penetrasi yang berimpit dengan jarum penunjuk. Bulatkan hingga 0,1 mm terdekat.
- h. Lepaskan jarum dari pemegang jarum dan siapkan alat penetrasi untuk pekerjaan berikutnya.
- i. Lakukan pekerjaan a samapi dengan g diatas tidak kurang dari 3 kali untuk benda uji yang sama dengan ketentuan setiap titik pemeriksaan berjarak satu sama lain dari tepi dinding labih dari 1 cm.

4.4.2 Pengujian Titik Lembek Aspal dan Ter (PA-0302-76)

Maksud :

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan titik lembek aspal dan ter yang berkisar antara 30°C sampai 200°C . Yang dimaksud dengan titik lembek adalah suhu pada saat bola baja, dengan berat tertentu, sehingga aspal dan ter tersebut menyentuh plat dasar yang terletak dibawah cincin pada

tinggi tertentu, sebagai akibat kecepatan pemanasan tertentu.

Peralatan :

- a. Termometer.
- b. Cincin kuningan.
- c. Bola baja diameter 9,53 mm, berat 3,45 sampai 3,55 gram.
- d. Bejana gelas, tahan pemanasan mendadak dengan diameter dalam 8,5 cm dengan tinggi sekurang-kurangnya 12 cm.
- e. Alat pengarah bola.
- f. Dudukan benda uji.
- g. Penjepit.

Benda uji :

- a. Panaskan contoh perlahan-lahan sambil diaduk terus-menerus hingga cair merata. Pemanasan dan pengadukan dilakukan perlahan-lahan agar gelembung-gelembung udara tidak masuk. Setelah cair merata tuangkan contoh kedalam sua buah cincin. Suhu pemanasan ter tidak melebihi 56°C diatas titik lembeknya dan untuk aspal tidak melebihi 111°C diatas titik lembeknya. Waktu untuk pemanasan ter tidak melebihi 30 menit, sedangkan untuk aspal tidak melebihi 2 jam.
- b. Panaskan 2 buah cincin sampai mencapai suhu tuang contoh, dan letakkan kedua cincin di atas plat kuningan yang telah diberi lapisan dari campuran talk dan sabun.
- c. Tuangkan contoh ke dalam 2 buah cincin. Diamkan pada suhu sekurang-kurangnya selama 30 menit.
- d. Setelah dingin, ratakan permukaan contoh dalam cincin dengan pisau yang telah dipanaskan.

Cara melakukan :

- a. Pasang dan aturlah kedua benda uji diatas dudukan dan letakkan pengarah bola diatasnya. Kemudian masukkan seluruh peralatan ke dalam bejana gelas. Isi bejana dengan air suling baru, dengan suhu $(5 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ sehingga tinggi permukaan air berkisar antara 101,6 mm sampai 108 mm. Letakkan termometer yang sesuai untuk pekerjaan ini diantara

kedua benda uji ($\pm 12,7$ mm) dari setiap cincin. Periksa dan aturlah jarak antara permukaan plat dasar dengan dasar benda uji sehingga menjadi 25,4 mm.

- b. Letakkan bola-bola baja yang bersuhu 5°C diatas dan ditengah permukaan masing-masing benda uji yang bersuhu 5°C menggunakan penjepit dengan memasang kembali pengarah bola.
- c. Panaskan bejana sehingga kenaikan suhu menjadi 5°C per menit. Kecepatan pemanasan ini tidak boleh diambil dari pemanasan rata-rata dari awal dan akhir pekerjaan ini. Untuk 3 menit yang pertama perbedaan kecepatan pemanasan tidak boleh melebihi $0,5^{\circ}\text{C}$.

4.4.3 Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar dengan Cleveland Open Cup (PA-0303-76)

Maksud :

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan titik nyala dan titik bakar dari semua jenis hasil minyak bumi kecuali minyak bakar dan bahan lainnya yang mempunyai titik nyala oven kurang dari 79°C . Titik nyala adalah suhu pada saat terlihat nyala singkat pada suatu titik diatas permukaan aspal.

Titik bakar adalah suhu pada saat terlihat nyala sekurang-kurangnya 5 detik pada suatu titik diatas permukaan aspal. Peralatan :

- a. Termometer.
- b. Cleveland oven cup.
- c. Plat pemanas
Terdiri dari logam, untuk melekatkan cawan cleveland, dan bagian atas dilapisi seluruhnya oleh asbes setebal 0,6 cm.
- d. Sumber pemanas
Pembakaran gas atau tungku listrik, atau pembakar alkohol yang tidak menimbulkan asap atau nyala disekitar bagian atas cawan.
- e. Penahan angin, alat yang menahan angin apabila digunakan nyala sebagai pemanas.
- f. Nyala penguji

Yang dapat diatur dan memberikan nyala dengan diameter 3,2 sampai 4,8 mm dengan panjang tabung 7,5 cm.

Benda uji:

- a. Panaskan contoh aspal anta/a $148,9^{\circ}\text{C}$ dan 176°C , sampai cukup cair.
- b. Kemudian isilah cawan cleveland sampai garis dan hilangkan (pecahkan) gelembung udara yang ada pada permukaan cairan.

Cara melakukan :

- a. Letakkan cawan diatas plat pemanas dan aturlah sumber pemanas sehingga terletak dibawah titik tengah cawan.
- b. Letakkan nyala penguji dengan poros pada jarak 7,5 cm dari titik tengah cawan.
- c. Tempatkan termometer tegak lurus didalam benda uji dengan jarak 6,4 mm diatas dasar cawan, dan terletak pada satu garis yang menghubungkan titik tengah cawan dan titik poros nyala penguji. Kemudian aturlah sehingga poros termometer terletak pada jarak XA diameter cawan dari tepi.
- d. Tempatkan penahan angin didepan nyala penguji.
- e. Nyalakan sumber pemanas dan aturlah pemanasan sehingga kenaikan suhu menjadi $(15 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ per menit sampai benda uji mencapai 56°C di bawah titik nyala perkiraan.
- f. Kemudian aturlah kecepatan pemanasan 5°C sampai 6°C per menit pada suhu antara 56°C dan 28°C dibawah titik nyala perkiraan.
- g. Nyalakan nyala penguji dan aturlah agar diameter nyala penguji tersebut menjadi 3,0 mm sampai 4,8 mm.
- h. Putarlah nyala penguji sehingga permukaan cawan dalam waktu satu detik. Ulangi pekerjaan tersebut setiap kenaikan 2°C .
- i. Lanjutkan pekerjaan f dan h sampai terlihat nyala singkat pada satu titik diatas permukaan benda uji. Bacalah suhu pada termometer dan catat.

- j. Lanjutkan pekerjaan I sampai terlihat nyala yang agak lama sekurang-kurangnya 5 detik diatas permukaan benda uji. Bacalah suhu pada termometer dan catat.

4.4.4 Pengujian Daktilitas Bahan-bahan Bitumen (PA-0306-76)

Maksud :

Maksud pemeriksaan ini mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi bitumen keras sebelum putus, pada suhu dan kecepatan tarik tertentu. Peralatan :

- Termometer
- Cetakan daktilitas kuningan
- Bak perendam isi 10 liter yang dapat menjaga suhu tertentu selama pengujian dengan ketelitian $0,1^{\circ}\text{C}$ dan benda uji dapat direndam sekurang-kurangnya 10 cm, dibawah permukaan air. Bak tersebut dilengkapi dengan plat dasar yang berlubang diletakkan 5 cm dari dasar bak perendam untuk meletakkan benda uji.
- Mesin uji.
- Methyl alkohol teknik dan sodium klorida teknik.

Benda uji :

- Lapisi semua bagian dalam cetakan daktilitas dan bagian atas plat dasar dengan campuran glycerin dan dexterin atau glycerin dan talk atau glycerin dan koalin atau amalgam.
- Panaskan contoh aspal kira-kira 100 gram sehingga cair dan dapat dituang. Untuk menghindari pemanasan setempat, lakukan dengan hati-hati. Pemanasan dilakukan sampai suhu antara 80°C sampai 100°C diatas titik lembek. Kemudian contoh disaring dengan saringan no. 50 dan setelah diaduk, dituang dalam cetakan.
- Pada waktu mengisi cetakan, contoh dituang hati-hati dari ujung hingga penuh berlebihan.
- Dinginkan cetakan pada suhu ruang selama 30 sampai 40 menit lalu pindahkan seluruhnya kedalam bak perendam yang telah disiapkan pada suhu

pemeriksaan selam 30 menit, kemudian ratakan contoh yang berlebihan dengan pisau atau spatula yang panas sehingga cetakan terisi penuh dan rata.

Cara melakukan :

- Benda uji didiamkan pada suhu 25°C dalam bak perendam selama 85 sampai 95 menit, kemudian lepaskan benda uji dari plat dasar dan sisi-sisi cetakannya.
- Pasanglah benda uji pada saat mesin uji dan tariklah benda uji secara teratur dengan kecepatan 5 cm/menit sampai putus. Perbedaan kecepatan lebih kurang 5% masih diizinkan.

Bacalah jarak antara pemegang cetakan, pada saat benda uji putus (dalam cm). Selama percobaan berlangsung benda uji harus selalu terendam sekurang-kurangnya 2,5 cm dari air dan suhu harus dipertahankan tetap $(25 \pm 0,5)^{\circ}\text{C}$.

4.4.5 Pengujian Berat Jenis Bitumen Keras dan Ter (PA-0307-76)

Maksud :

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentuks berat jenis bitumen keras dan ter dengan pikometer. Berat jenis bitumen atau ter adalah perbandingan antara berat bitumen atau ter dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu.

Peralatan :

- Termometer.
- Bak perendam yang dilengkapi pengaruh suhu dengan ketelitian $(25 \pm 0,1)^{\circ}\text{C}$.
- Air suling sebanyak 1000 cm³.
- Piknomeler.
- Bejana gelas.

Benda uji :

- Panaskan contoh bitumen keras atau ter sebanyak 50 gram sampai cair, aduklah untuk mencegah pemanasan setempat. Pemanasan tidak boleh lebihdari 30 menit pada suhu 56°C diatas titik lembek.
- Tuangkan contoh tersebut kedalam piknometer yang telah kering hingga terisi $3/4$ bagian.

Cara melakukan :

- a. Isi bejana dengan air suling sehingga diperkirakan bagian atas piknometer yang tidak terendam 40 mm, kemudian rendam dan jepitlah bejana tersebut kedalam bak perendaman hingga terendam sekurang-kurangnya 100 mm. Aturilah suhu bak perendaman pada suhu 25°C.
- b. Piknometer dibersihkan lalu keringkan dan ditimbang dengan ketelitian 1mg.
- c. Bejana diangkat dari bak perendam dan piknometer di sisi air suling, kemudian tutuplah piknometer tanpa ditekan.
- d. Piknometer diletakkan ke dalam bejana dan tekan tutupnya hingga rapat, kembalikan bejana berisi piknometer kedalam bak perendam. Diamkan bejana berisi piknometer tersebut didalam bak perendam selama ± 30 menit, lalu piknometer diangkat dan keringkan dengan lap, timbanglah piknometer tersebut dengan ketelitian 1 mg.
- e. Benda uji dituangkan kedalam piknometer hingga terisi sebagian.
- f. Biarkan piknometer sampai dingin ± 40 menit dan timbanglah dengan ketelitian 1 mg.
- g. Isilah piknometer yang berisi benda uji dengan air suling dan tutup tanpa ditekan, lalu diamkan agar gelembung udara keluar.
- h. Bejana diangkat dari bak perendam dan letakkan piknometer kedalamnya dan tekanlah penutupnya hingga rapat. Masukkan dan diamkan bejana kedalam bak perendam ± 30 menit lalu angkat dan keringkan dan timbanglah piknometer.

Perhitungan :

$$\text{Berat jenis aspal} = \frac{(C - A)}{(B - A) - (D - C)}$$

Dimana :

A = berat piknometer (dengan penutup)(gram)

B = berat piknometer berisi air (gram)

C = berat piknometer berisi aspal (gram)

D = berat piknometer berisi aspal dan air (gram)

4.4.6 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar (PB-0202-76)

Maksud :

Menentukan berat jenis (bulk), berat jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface dry* atau *SSD*). Berat jenis semu (*apparent*) dari agregat halus.

- a. 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.
- b. Berat jenis kering-permukaan jenuh (SSD) yaitu perbandingan antara berat agregat kering-permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat pada keadaan jenuh pada suhu tertentu.
- c. Berat jenis semu (apparent specific gravity) yaitu perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat pada keadaan jenuh pada suhu tertentu.
- d. Penyerapan ialah persentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering.

Peralatan :

- a. Keranjang kawat ukuran 3,35 mm atau 2,36 mm (no. 6 atau no. 8) dengan kapasitas rata-rata 5 kg.
- b. Tempat air dengan kapasitas dan bentuk yang sesuai untuk pemeriksaan. Tempat ini harus dilengkapi dengan pipa sehingga permukaan air selalu tetap.
- c. Timbangan dengan kapasitas 5 kg dan ketelitian 0,1% dari berat contoh yang ditimbang dan dilengkapi dengan alat penggantung keranjang.
- d. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai dengan (110 ± 5)°C.
- e. Alat pemisah contoh (namoan).

f. Saringan no. 4.

Benda uji:

Benda uji adalah agregat yang tertahan saringan no. 4 diperhitungkan dari alat pemisah contoh atau cara keempat sebanyak ± 5 kg.

Cara melakukannya :

- Cuci benda uji untuk melakukan atau menghilangkan debu dan bahan yang melekat pada permukaan.
- Mengeringkan benda uji dalam oven pada suhu 105°C sampai berat tetap.
- Mendinginkan benda uji pada suhu kamar selama 1 s/d 3 jam lalu timbang dengan ketelitian 0,5 gram (Bk).
- Merendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama 24 jam + 4 jam.
- Mengeluarkan benda uji dalam air rendaman lalu lap dengan kain penyerap sampai selarut air pada permukaan hilang (SSD), untuk butiran yang besar pengeringan harus satu persatu.
- Timbang benda uji dalam permukaan jenuh (Bj).
- Letakkan benda uji dalam keranjang, gonjangkan batunya untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan beratnya di dalam air (Ba).

Perhitungan :

a. Berat jenis (*bulk specific gravity*) =

$$\frac{Bk}{Bj - Ba}$$

b. Berat jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface dry*)

$$= \frac{Bk}{Bj - Ba}$$

c. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*) =

$$\frac{Bk}{Bk - Ba}$$

d. Penyerapan = $\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100 \%$

Dimana :

Bk = berat benda uji kering oven (gram)

Bj = berat benda uji kering permukaan jenuh (gram)

Ba = berat benda uji kering permukaan jenuh didalam air (gram)

4.4.7 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus (PB-0203-76)

Maksud :

Menentukan berat jenis (*bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface dry* atau *SSD*). Berat jenis semu (*apparent*) dari agregat halus.

- 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.
- Berat jenis kering-permukaan jenuh (*SSD*) yaitu perbandingan antara berat agregat kering-permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat pada keadaan jenuh pada suhu tertentu.
- Berat jenis semu (*apparent specific gravity*) yaitu perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat pada keadaan jenuh pada suhu tertentu.
- Penyerapan ialah persentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering.

Peralatan :

- Timbangan kapasitas 1 kg atau lebih dengan ketelitian 0,1 gram.
- Piknometer dengan kapasitas 500 ml.
- Kerucut terpancung (*cone*) diameter bagian atas (40 ± 3) mm, diameter bagian bawah (90 ± 3) mm dan tinggi (75 ± 3) mm, dibuat dari logam tebal minimum 0,8 mm.
- Batang penumbuk yang mempunyai bidang penumbuk rata, berat batang (340 ± 15) gram, diameter permukaan penumbuk (25 ± 3) mm.
- Saringan no. 4.
- Mengukur suhu dengan ketelitian membaca 1°C .
- Bejana tempat air.
- Oven dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai dengan (110 ± 5) $^{\circ}\text{C}$.

- i. Talam.
- j. Pompa hampa udara tau tungku,
- k. Air suling.
- 1. Desikator.

Benda uji:

Benda uji adalah agregat yang lewat saringan no. 4 diperoleh dari alat pemisah contoh atau cara perempat sebanyak 1000 gram.

Cara melakukan :

- a. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sampai berat tetap. Yang dimaksud berat tetap adalah keadaan berat benda uji selama 3 kali proses penimbangan dan pemnasan dalam oven dengan selang waktu 3 jam berturut-turut tidak mengalami perubahan kadar air lebih besar dari pada 0,1 gram. Mendinginkan pada suhu ruang lalu merendam dalam air selama (24 ± 4) jam.
- b. Buang air perendam dengan hati-hati jangan ada butiran hilang lalu menebarkan agregat di dalam, mengeringkan di udara panas dengan cara membolak-balik benda uji. Melakukan pengeringan sampai tercapai keadaan kering-permukaan jenuh.
- c. Memeriksa keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisikan benda uji ke dalam kerucut terpancung, memadatkan dengan batang penumbuk sebanyak 5 kali, mengangkat kerucut terapan. Keadaan jenuh tercapai bila benda uji utuh akan tetapi masih dalam keadaan tercetak.
- d. Setelah tercapai mendapatkan kering permukaan jenuh, masukkan 500 gram benda uji ke dalam piknometer, masukkan air suling sampai 90% isi piknometer, putar sambil diguncangkan tidak terlihat gelembung udara didalamnya.
- e. Merendam piknometer di dalam air dan ukur suhu air untuk menyesuaikan perhitungan pada suhu standar 25°C .
- f. Menambahkan air sampai mencapai tanda batas.

- g. Menimbang piknometer berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0,1 gram (Bt).
- h. Mengeluarkan benda uji, mengeringkan dalam oven dengan suhu antara $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ sampai berat tetap, kemudian dinginkan benda uji dalam desikator.
- i. Setelah benda uji dingin kemudian ditimbang kembali (Bk).
- j. Menentukan berat piknometer berisi air penuh dan mengukur suhu air guna penyesuaian dengan suhu standar 25°C (B).

Perhitungan :

- a. Berat jenis (*bulk specific gravity*) =
$$\frac{Bk}{(B+500-Bt)}$$
- b. Berat jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface dry*) =
$$\frac{500}{(B + 500 - Bt)}$$
- c. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*) =
$$\frac{Bk}{(B+Bk-Bt)}$$
- d. Penyerapan =
$$\frac{(500-Bk)}{Bk} \times 100 \%$$

Dimana :

- Bk = berat benda uji kering oven (gram).
- B = berat piknometer berisi air (gram).
- Bt = berat piknometer benda uji dan air (gram),
- 500 = berat benda uji dalam keadaan kering-permukaan jenuh (gram).

4.4.8 Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Los Angles (PB-0206-76)

Maksud :

Untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin los angles. Keausan tersebut dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus lewat saringan no. 12 terhadap berat semula dalam persen.

Peralatan :

- a. Mesin Los Angeles
Mesin terdiri dari silinder baja tertutup pada kedua sisinya dengan diameter 71 cm panjang dalam 50 cm. Silinder tertumpu pada suatu poros pendek yang tak menerus dan berputar pada poros mendatar. Silinder berlubang untuk permukaan dalam memasukkan benda uji. penutup lubang terpasang rapat hingga permukaan dalam silinder tidak terganggu. Di dalam silinder terdapat bilah baja yang melintang penuh setinggi 3,56 inch.
- b. Saringan no.12 dan saringan lainnya seperti tercantum dalam daftar no. 1 (terlampir)
- c. Timbangan dengan ketelitian 5 gram
- d. Bola - bola baja dengan diameter rata-rata 4,68 cm
- e. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai dengan $(110 \pm 5)^{\circ} \text{C}$ sampai berat tetap.

Cara melakukan :

- a. Benda uji dan bola-bola baja dimasukkan ke dalam mesin Los Angeles.
- b. Putar mesin dengan kecepatan 30 s/d 33 rpm. 500 putaran untuk gradasi I : A, B, C dan D. 1000 Putaran untuk gradasi E, F dan G
- c. Setelah selesai pemutaran, keluarkan benda uji dari mesin, lalu saringan no. 12 , butiran yang tertahan di atasnya di cuci bersih, lalu keringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ} \text{C}$ sampai berat tetap. $(200 \pm 33)^{\circ} \text{C}$.

Perhitungan :

Nilai Keausan Los Angeles

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

Dimana :

- a : Berat Benda Uji Semula (gram)
b : Berat benda Uji Tertahan No. 12 (gram) (dan No. 4) (gram)

4.4.9 Pengujian Campuran Asphalt Dengan Alat Marshall (PC - 0201 - 76)

Maksud:

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap kelelahan plastis (flow) dari campuran aspal.

Ketahanan (stabilitas) ialah kemampuan suatu campuran aspal untuk menerima beban sampai terjadi kelelahan plastis yang dinyatakan dalam kg. Kelelahan plastis ialah keadaan perubahan bentuk suatu campuran aspal yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm.

Peralatan :

- a. 3 buah cetakan benda uji yang berdiameter 10 cm, tinggi 7,5 cm lengkap dengan plat alas dan leher sambung.
- b. Alat pengeluar benda uji untuk Benda uji yang sudah dipadatkan dari dalam cetakan benda uji dipakai sebuah alat ejector.
- c. Penumbuk yang mempunyai permukaan rata berbentuk silinder dengan berat 4,536 kg dan tinggi 4,57 cm
- d. Landasan pemadat terdiri dari balok kayu berukuran kira-kira 20 x 20 x 45 cm yang dilapisi dengan pelat baja berukuran 30 x 30 x 2,5 cm dan akibat pada lantai beton dengan 4 bagian siku
- e. Silinder cetakan benda uji
- f. Mesin tekanan lengkap dengan:
 - ❖ Kepala penekan yang berbentuk lengkung (breaking head)
 - ❖ Cincin pengunci yang berkapasitas 2,5 kg. Dilengkapi dengan arloji tekan dengan ketelitian 0,0025 cm.
 - ❖ Arloji kelelahan dengan ketelitian 0,25 mm dengan perlengkapannya
- g. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(200 \pm 3)^{\circ} \text{C}$
- h. Bak perendam (waterbath) dilengkapi dengan pengatur suhu minimum 20°C
- i. Perlengkapan lain :

- ❖ Panci - panci untuk memanasi agregat, aspal dan campuran
- ❖ Pengukur suhu dari logam (metal) termometer berkapasitas 250°C - 1000°C dengan ketelitian 0,5 atau 1% dari kapasitas
- ❖ Timbangan yang dilengkapi dengan pengatur benda uji yang berkapasitas 2 kg dengan ketelitian 0,1 gram dan timbangan dengan ketelitian 1 gram
- ❖ Kompor (alat pemanas)
- ❖ Sarung tangan asbes dan karet
- ❖ Sendok pengaduk dan perlengkapan lain

Benda Uji :

- a. Perlengkapan benda uji
Keringkan benda uji agregat sampai beratnya tetap pada suhu $(105 \pm 5)^\circ \text{C}$, memisahkan agregat melalui saringan
- b. Menentukan suhu pencampuran dan pemadatan
Suhu pencampuran dan pemadatan harus ditentukan sehingga bahan pengikat yang dipakai menghasilkan viskositas
- c. Persiapan Campuran
Untuk setiap benda uji diperlukan agregat sebanyak $\pm 1200 \text{ kg}$, sehingga menghasilkan tinggi benda uji kira-kira $6,25 \text{ cm} \pm 0,125 \text{ cm}$. Memanaskan panci pencampur untuk aspal dan teraduk sampai 14°C diatas suhu pencampur. Menuangkan aspal sebanyak yang dibutuhkan, sebanyak sudah dihitung, lalu masukkan agregat yang sudah dipanaskan tersebut.
- d. Pemadatan benda uji
Membersihkan perlengkapan cetakan benda uji serta bagianmuka alat penumbuk dengan seksama, lalu memanaskan sampai suhu antara $93,30^\circ \text{C}$ dan $149,9^\circ \text{C}$. meletakkan selebar kertas saring atau kertas penghisap yang sudah digunting menurut ukuran cetakan kedalam dasar cetakan, kemudian memasukkan ke dalam cetakan dan menusuk-nusuk campuran keras-keras dengan spanula yang dipanaskan atau mengaduk dengan sendok semen 15 kali keliling pinggirnya dan 10 kali bagian

dalamnya. Melepaskan lehernya dan meratakan permukaan campuran dengan menggunakan sendok semen menjadi bentuk yang sedikit cembung. Meletakkan cetakan di atas landasan alat pemadat pada pemegang cetakan, melakukan pemadatan dengan alat penumbuk sebanyak 75,50 atau 35 sesuai dengan kebutuhan tinggi jatuh 45 cm, selama pemadatan menahan agar sumbu pemadat selalu tegak lurus pada alat cetakan. Melepaskan keping atas dan lehernya lalu membalikkan alat cetakan berisi benda uji, memasang alat perengkapannya. Terhadap permukaan benda uji yang sudah dibalik, lalu menumbuk kembali. Setelah pemadatan selesai melepaskan keping atas lalu memasang alat pengeluar benda uji pada permukaan ujung ini. Dengan hati-hati mengeluarkan dan meletakkan benda uji di atas permukaan rata, lalu biarkan kira-kira 24 jam pada suhu ruang.

Cara Melakukan :

- a. Membersihkan benda uji dari kotoran yang menempel
- b. Memberikan tanda pengenal pada masing-masing benda uji
- c. Mengukur benda uji dengan ketelitian 0,1 mm
- d. Menimbang benda uji
- e. Merendam dalam air kira-kira 24 jam dalam suhu ruang.
- f. Menimbang dalam air untuk mendapatkan kondisi isi.
- g. Menimbang benda uji dalam kondisi kering permukaan jenuh.
- h. Merendam benda uji aspal panas sampai 40 menit. Untuk benda uji aspal dingin memasak benda uji kedalam oven selama jam dengan suhu tetap $(25 + 1) \text{ C}$. melumasi batang penuntun sehingga kepala penekan yang diatas aspal dapat meluncur bebas, bila dikehendaki kepala penekan direndam bersama benda uji. Mengeluarkan benda uji dari bak perendam atau oven dan meletakkannya kedalam segmen bawah penekan kepala penekan. Memasang segmen atas diatas

benda uji, meletakkan keseluruhannya kedalam mesin pengujian, memasang arloji kelelahan (*flow meter*) dalam mesin pengujian pada kedudukannya pada jarum angka nol, sementara selubung tangkai arloji (*sleeves*) dipegang teguh terhadap segmen atas kepala penekan (*breaking head*). Menekan tangkai atau selubung tangkai arloji kelelahan tersebut pada segmen atas dari kepala penekan selama pembebanan berlangsung, i. Selama pembebanan diberikan, kepala penekan beserta benda ujinyadinaikkan sehingga menyentuh alas cincin arloji. Mengatur kedudukan jarum arloji tekan pada angka nol, memberikan pembebanan pada benda uji dengan kecepatan tetap 50 mm/menit, sampai pembebanan maksimum yang dicapai. Melepaskan selubung tangkai arloji kelelahan pada saat pembebanan maksimal, waktu yang diperlukan dan saat diangkatnya benda uji dari rendam air sampai tercapai bahan maksimum tidak boleh melebihi 30 detik.

Pemeriksaan awal pada suhu 25°C, 30 gram, 3 detik	Hasil Pemeriksaan Penetrasi Aspal	
	Benda Uji A	Benda Uji B
Pengamatan I	70	71
Pengamatan II	68	70
Pengamatan III	69	69
Rata-rata	69,333	70,000
(A - B) x 2	68,333	

Sumber: Hasil Pengujian

Dari penelitian pemeriksaan aspal keras didapat hasil nilai penetrasi sebesar 69,3335.

B. Titik Lembek Aspal

Penelitian ini digunakan untuk mengetahui pada suhu berapa aspal menjadi lembek karena pembebanan tertentu. Hasil dari penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 5.2 Uji Titik Lembek Aspal

Suhu	Waktu		Titik Lembek	
	Benda uji 1	Benda uji II	Benda uji 1	Benda uji 2
0	0,0	0,0		
10	1,25	1,25		
15	3,15	3,15		
20	3,65	3,65		
25	4,85	4,85		
30	3,35	3,35		
35	6,55	6,55		
40	7,80	7,80		
45	8,55	8,55		
50	9,85	9,85		
55	10,15	10,15	79°C	80°C
60				
Rata-rata			83,3°C	

Sumber: Hasil Pengujian

C. Titik Nyala dan Titik Bakar

Penelitian ini dimaksudkan untuk titik nyala dan titik bakar dari semua jenis hasil minyak bumi yang mempunyai titik nyala oven kurang dari 79°C. Hasil penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 5.3a Titik Nyala

Uraian	Hasil Uji I	Hasil Uji II	Rata-rata
Titik Nyala	320°C	325°C	322,5°C

Sumber: Hasil Pengujian

Tabel 5.3b Titik Bakar

Uraian	Hasil Uji I	Hasil Uji II	Rata-rata
Titik Bakar	330°C	335°C	332,5°C

Sumber: Hasil Pengujian

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Pemeriksaan Aspal

5.1.1 Aspal Keras

Hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap aspal yang dipergunakan pada penelitian ini memenuhi persyaratan yang telah ditentukan pada buku manual pemeriksaan bahan jalan, dan dapat dengan baik dipakai sebagai bahan pengikat campuran aspal beton. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui sifat dan mutu aspal yang dipakai sebagai bahan pengikat perkerasan.

A. Penetrasi

Dalam hal ini didapat angka penetrasi aspal, dimana angka penetrasi tersebut tingkat kekerasan aspal, semakin rendah angka penetrasi maka aspal semakin keras. Angka penetrasi dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 5.1 Pemeriksaan Uji Penetrasi

Hasil pengujian titik nyala dan titik bakar didapat nilai sebesar 322,5 C dan 332,5 C.

D. Daktilitas Aspal

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antar 2 cetakan yang berisi bitumen keras sebelum putus, pada suhu dan kecepatan tarik tertentu. Hasil penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 5.4 Daktilitas Aspal

Daktilitas Pada 25°C, 25 mm Persekit	Pembacaan Pengukuran Pada Alat
Pengamatan A	141 cm
Pengamatan B	139 cm
Pengamatan C	141,5 cm

Hasil pemeriksaan daktilitas didapat rata-rata 139.8 cm.

E. Penetrasi Setelah Kehilangan Berat

Dan penelitian ini, diukur lagi harga penetrasi setelah kehilangan berat. Berkurangnya zat minyak pada aspal akan mempengaruhi nilai penetrasi. Hasil penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 5.5 Penetrasi Setelah Kehilangan Berat

Penetrasi aspal pada suhu 25°C, 90 gram, 5 detik	Hasil Pengukuran Penetrasi Aspal	
	Benda Uji A	Benda Uji B
Pengamatan I	120,20	120,15
Pengamatan II	116,93	116,87
Pengamatan III	119,34	119,31
Rata-rata	118,82	118,77
LA - H27	118,800	

Hasil pemeriksaan uji penetrasi setelah kehilangan didapat nilai rata-rata sebesar 118,800.

F. Berat Jenis Aspal

Penelitian ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis bitumen keras dengan piknometer. Berat jenis bitumen ialah perbandingan antara berat bitumen dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu. Hasil penelitian ini dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 5.6 Berat Jenis Aspal

Uraian	Benda Uji	
	I	II
Berat piknometer A	28,8066	28,8066
Berat piknometer A + air (U1)	138,2416	138,2823
Berat piknometer A + Aspal (U2)	135,9933	135,9815
Berat piknometer A + aspal + air (U3)	139,233	139,232
Berat jenis (H) Aspal (Rata-rata) (persamaan di atas)	1,0396	

Hasil pemeriksaan berat jenis aspal didapat nilai sebesar 1,0396. Dan hasil pemeriksaan aspal keras pada tabel tersebut diatas dapat dilihat bahwa nilai penetrasi pada suhu 25°C adalah sebesar 118,800 yang berarti aspal ini adalah aspal keras dengan penetrasi 1 H). Dari pemeriksaan aspal juga diperoleh nilai titik lembek sebesar 55,5°C dan berarti hampir mendekati nilai yang diisyaratkan yaitu sebesar 48HIC sampai 58°C. Dan pemeriksaan aspal keras juga diperoleh nilai titik nyala dan titik bakar sebesar 322,5°C dan 332,5°C.

Dan hasil tersebut maka aspal dapat dipergunakan untuk penelitian ini. Setelah dilakukan pemeriksaan, nilai berat aspal diperoleh sebesar 1,0396 dan memenuhi persyaratan yaitu lebih dari i. Sedangkan nilai stabilitas aspal diperoleh sebesar lebih dari 140 cm, dan memenuhi persyaratan yaitu lebih dari 100 cm sehingga persyaratan daktilitas yang diperlukan telah terpenuhi.

5.1.2 Agregat

Pemeriksaan Analisa Saringan

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat dan pasir dengan menggunakan saringan. Sebelum melakukan *Job Mix Formula* yang perlu dilakukan adalah memeriksa distribusi agregat. Adapun distribusi butiran agregat adalah sebagai berikut:

- Agregat batu pecah kasar.
- Agregat batu pecah sedang.
- Agregat pasir kasar.
- Agregat pasir halus.

Tabel 5.7 Distribusi Butiran Agregat (Persentase lolos) Analisa Saringan Agregat Batu Pecah Sedang

No. Saringan		Jumlah Tertahan		Jumlah Persen	
Min	Inch	Tertahan	Jumlah	Tertahan	Lulus
28.0	1				
19.1	3/4				
12.5	1/2				
9.5	3/8				100
4.75	4	107,05	10,71	10,71	89,29
2,50	8	376,17	48,37	37,62	62,38
0,50	30	255,79	93,70	25,28	74,72
0,177	80				
0,149	100				
0,075	200				
Pan		63,05	100	6,31	-

Analisa Saringan Agregat Bata Pecah Kasar

No. Saringan		Jumlah Tertahan		Jumlah Persen	
Min	Inch	Tertahan	Jumlah	Tertahan	Lulus
28.0	1				
19.1	3/4				
12.5	1/2	0	0	0	100
9.5	3/8	870,1	98,03	98,03	11,97
4.75	4	399,8	45,20	23,99	76,01
2,50	8	219,1	25,07	15,90	84,10
0,50	30				
0,177	80				
0,149	100				
0,075	200				
Pan		50,1	100	2,01	0

Analisa Saringan Agregat Pasir Kasar

No. Saringan		Jumlah Tertahan		Jumlah Persen	
Min	Inch	Tertahan	Jumlah	Tertahan	Lulus
28.0	1				
19.1	3/4				
12.5	1/2				
9.5	3/8				100
4.75	4	0	0	0	100
2,50	8	97,8	11,90	11,90	88,10
0,50	30	272,6	33,28	44,63	55,37
0,177	80	118,8	14,64	20,76	79,24
0,149	100	26,5	3,28	3,78	96,22
0,075	200	24,8	3,06	3,56	96,44

Analisa Saringan Agregat Pasir Halus

No. Saringan		Jumlah Tertahan		Jumlah Persen	
Min	Inch	Tertahan	Jumlah	Tertahan	Lulus
28.0	1				
19.1	3/4				
12.5	1/2				
9.5	3/8				
4.75	4				100
2,50	8	0	0	0	100
0,50	30	274,6	34,38	34,38	65,62
0,177	80	946,0	119,47	119,47	80,53
0,149	100	488,4	61,81	61,81	38,19
0,075	200	101,2	12,82	12,82	87,18

Pemeriksaan Berat Jenis Agregat

Pemeriksaan terhadap agregat, yang dilakukan pada penelitian ini memberikan sifat, dan hasil yang bervariasi, adapun hasil-hasil tersebut terdapat pada Tabel 4.8 dibawah ini.

Tabel 4.8 Karakteristik Agregat

Jenis Pemeriksaan	Agregat Kasar	Agregat sedang	Pasir Kasar	Pasir Halus	Aspal
Berat jenis (maks)	2,531	2,505	2,561	2,554	1,0300
Berat jenis permukaan jenis (SSD)	2,565	2,557	2,501	2,375	-
Berat jenis semu (apparent)	2,621	2,629	2,457	2,445	-
Penyerapan (%)	1,367	1,873	2,796	2,955	-
Penyerapan (%)	-	-	-	-	-

Dari hasil pemeriksaan agregat seperti yang terdapat pada tabel 5.8 menunjukkan bahwa bahan tersebut, dapat, dipergunakan sebagai bahan penyusun dan pengisi pada campuran aspal beton. Dari hasil pemeriksaan berat jenis semu (apparent) pada agregat kasar dan agregat halus diperoleh nilai lebih dari atau sama dengan 2,5. Sehingga memenuhi persyaratan yang telah ditentukan dan dapat dipakai sebagai agregat pada penelitian ini.

Nilai penyerapan yang didapat pada agregat batu pecah sedang dan batu pecah kasar sebesar 1,873 % dan 1,367 %, sedangkan nilai penyerapan agregat pasir kasar dan pasir halus sebesar 2,796 % dan 2,955 %. Dan hasil itu menunjukkan bahwa keempat hasil percobaan telah memenuhi persyaratan sebesar kurang dari atau sama dengan 3 %. Sedangkan untuk nilai keausan diperoleh sebesar 12,55 % yang berarti masih memenuhi persyaratan yaitu kurang dari atau sama dengan 41) %.

5.2 Desain Campuran

5.2.1 Menghitung proporsi agregat

Dari hasil pemeriksaan menggunakan alat saringan, diperoleh hasil distribusi seperti pada tabel 4.9.

Tabel 5.9 Distribusi Butiran Agregat

Diameter saringan (mm)	Batu Pecah Kasar	Batu Pecah Seling	Pasir Kasar	Pasir Halus	Spesifik ASTM C33-98
	Fraction 1 30%	Fraction 2 21%	Fraction 3 20%	Fraction 4 19%	
19	100	100	100	100	
12.75	81,87	100	100	100	
9.5	17,00	89,3	100	100	
4.75	2,070	71,68	100	100	
2,50		0,3	88,14	100	
0,50			33,92	73,67	
0,177			10,30	36,35	
0,149			4,80	9,18	
0,075				2,17	

4.2.3 Menghitung persentase fraksi agregat

Menghitung masing-masing persentase fraksi agregat menggunakan gambar 4.1, dari gambar 4.1 diperoleh persentase sebagai berikut

- Batu pecah kasar = 28 %
- Batu pecah sedang = 31 %
- Pasir kasar = 23 %
- Pasir halus = 18 %

Kemudian menghitung gradasi menerus agregat campuran.

4.2.4 Menghitung gradasi menerus agregat campuran

Nilai - nilai gradasi agregat didapat dari analisa saringan (agregat kasar, agregat sedang, pasir kasar dan pasir halus) ditnana dalam analisa tersebut akan didapat masing-masing jumlah agregat yang nantinya menjadi suatu perkiraan persentase campuran. Menghitung gradasi menerus agregat campuran seperti pada tabel 4.10.

Tabel 5.10 Perhitungan Gradasi Menerus Agregat Campuran

Diameter Saringan (mm)	Batu Pecah Kasar	Batu Pecah Sedang	Pasir Kasar	Pasir Halus	Jumlah	SPEC
	Frakasi 1	Frakasi 2	Frakasi 3	Frakasi 4		
75	28%	31%	23%	18%	144	100
11.75					83.75	58.45
4.75					51.39	35.70
2.36					40.30	28.00
0.85					21.41	15.00
0.425					9.64	6.70
0.25					2.78	1.95
0.15					0.39	0.28

4.2.5 Menghitung Berat Jenis Teori Maksimum

Berat jenis agregat adalah perbandingan antara berat volume agregat dan berat volume air. Dalam penelitian ini ada 3 macam berat jenis yang ditentukan berdasarkan manual pemeriksaan bahan jalan (PB-0202-76), yaitu berat jenis bulk, berat jenis semu (SSD) dan berat jenis apparent.

Penggunaan berat jenis teori maksimum didasarkan atas nilai penyerapan

agregat tersebut. Apabila penyerapan agregat lebih dan 1,5 % maka berat jenis teori maksimum yang dipakai adalah rata-rata dan berat jenis bulk dan apparent, tetapi apabila penyerapan lebih kecil dari 1,5 % maka penyerapan yang dipakai adalah berat jenis apparent. Menghitung berat jenis teori maksimum seperti pada tabel 4.11.

Tabel 4.11 Berat Jenis Teori Maksimum untuk marshall

MENGHITUNG BERAT JENIS TEORI MAKSIMUM ASTM D - 1559 - 62T					
P	T	g	k	g	J
(%)	(% of Appal)	(%)	(% of P)	(%)	(%)
28	1.000	3.648	38.024	11.671	2.344
31	1.000	4.325	37.825	42.194	2.272
23	1.000	4.910	37.625	40.437	2.220
18	1.000	5.290	37.430	40.120	2.247
0	1.000	5.211	37.332	40.003	2.229

Dimana :

- Batu pecah kasar (28%), berat jenis :
 - SSD = 2,565
 - Baik = 2,541
 - Apparent = 2,621
 Berat jenis yang dipakai = $(2,565 + 2,541 + 2,621) / 3 = 2.576$
 Berat jenis maksimum = $28 \times 2.576 = 10.871$
- Batu pecah sedang (31%), berat jenis :
 - SSD = 2,552
 - Baik = 2,505
 - Apparent = 2,629
 Berat jenis yang dipakai = $(2,552 + 2,505 + 2,629) / 3 = 2.576$
 Berat jenis maksimum = $31 \times 2.576 = 12.100$
- Batu pecah kasar (23%), berat jenis :
 - SSD = 2,390
 - Baik = 2,561
 - Apparent = 2,457
 Berat jenis yang dipakai = $(2,390 + 2,561 + 2,457) / 3 = 2.469$
 Berat jenis maksimum = $23 \times 2.469 = 9.314$

4. Batu pecah kasar (18%), berat jenis :
- SSD = 2,375
 - Baik = 2,554
 - Apparent = 2,445
- Berat jenis yang dipakai = $(2,375 + 2,554 + 2,445) / 3 = 2.458$
- Berat jenis maksimum = $18 \times 2.458 = 7.323$

Maka D (jumlah teori maksimum) yang diperoleh = $10.871 + 12.100 + 9.314 + 7.323 = 39.608$.

4.2.6 Menghitung Berat Agregat dan Aspal

Untuk mendapatkan tinggi benda uji sama dengan 6.35 cm maka berat benda uji dikurangi dengan persentase rongga dalam campuran sebesar 4 %.

Jadiberat benda uji

$$= \frac{1}{4} \cdot T \cdot d^2 \cdot t \cdot \gamma \cdot 96\% \dots \dots \dots (4.1)$$

Dengan :

d = diameter benda uji = 10 cm

T = tinggi benda uji = 6,35 cm

γ = berat jenis teori maksimum.

Tabel 4.12 Perhitungan Berat Kebutuhan Agregat dan Aspal

MENGHITUNG BERAT KEBUTUHAN AGREGAT ASTM D - 1559 - 62F						
Kadar Aspal	Berat Benda Uji (Gm)	Batu Pecah Kasar (Gm) 28%	Batu Pecah Sederhana (Gm) 31%	Pasir Kasar (Gm) 23%	Pasir Halus (Gm) 18%	Aspal (Gm)
4.0	1142.369	320.193	354.286	262.857	205.710	48.718
4.5	1129.238	318.207	350.078	259.738	203.071	49.919
5.0	1115.894	316.244	346.324	256.653	200.894	51.196
5.5	1102.860	314.281	342.625	253.617	198.479	52.548
6.0	1090.110	312.317	339.079	250.612	196.193	53.977

- a. Batu pecah kasar - Berat benda, uji x 28%
- b. Batu pecah sederhana - Berat benda uji x 31 %
- c. Pasir kasar - Berat benda uji x 23%
- d. Pasir halus - Berat benda uji x 18%
- e. Aspal - Prosentase kadar aspal x Berat benda uji

4.2.7 Memeriksa Dengan Alat Marshall

Metode *Marshall* yang digunakan rnuia-muia adalah mencari kadar aspal optimum (OAC) terhadap mortar (agregat

dan aspal). Dalam penelitian ini, untuk mengetahui kadar aspal optimum terhadap mortar dibuatlah 5 sampel dengan variasi kadar aspal antara 4,0% sampai 6,0%.

Setelah mendapatkan berat fraksi agregat kemudian membual campuran dari fraksi-fraksi tersebut dan aspai untuk diperiksa dengari menggunakan alat *Marshall* guna mendapatkan kadar aspal optimum (OAC).

Dari data-data hasil pemeriksaan alat *Marshall* kemudian dibuat grafik seperti pada gambar 4.3 untuk menentukan Kadar Aspal Optimum (OAC).

Tabel 4.13 Hasil Pengujian Marshall

No	Jenis Pengujian	Hasil Perhitungan				
		4%	4,5%	5%	5,5%	6%
1	Stabilitas (Kg)	737.752	823.451	702.944	681.862	652.054
2	Flow (mm)	4,1	3,133	4,9	5,7	5,6
3	Modulus (Quasi) (Kg/mm)	181.481	262.300	146.681	120.794	118.826
4	Unit Load (Psi)	10,120	9,791	9,791	9,502	8,609
5	Unit Load (Agar) (Psi)	13,816	13,881	14,406	21,208	24,527

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian campuran beton aspal dengan menggunakan alat marshall, maka diperoleh :

1. Nilai Stabilitas (*stability*) masih diatas ketentuan minimal yaitu minimal 500 Kg, nilai-nilai yang didapat dari hasil pengujian tersebut adalah 737.752 Kg, 823.451 Kg, 681.862 Kg, 652.054 Kg.
2. Nilai *Flow* dalam staandar yang ditentukan minimal 4,0 mm dan maksimal 4,0 mm, hasil pengujian dengan variasi kadar aspal 4% sampai dengan 6% ini adalah 4,1 mm, 3,133 mm, 4,9 mm, 5,7 mm, 5,6 mm.

3. *Marshall Quotient* yang diperoleh adalah 184.481 Kg/mm, 262.300 Kg/mm, 146.681 Kg/mm, 120.794 Kg/mm, 118 Kg/mm.
4. Besarnya rongga di Udara adalah 10.130%, 9.751%, 5.503%, dan 8.609%.
5. Nilai kadar aspal optimum (*asphalt content*) dari penelitian ini tidak didapat dari gambar, sehingga perlu dilakukan penelitian ulang terhadap penelitian ini.

Baru Untuk Campuran Aspal Panas". Departemen pekerjaan Umum. Jakarta.

Sudarsono D.U. 1987. "*Konstruksi Jalan Raya*". Badan Penerbit Pekerjaan Umum" Jakarta.

6.2 Saran

1. Pada pengujian di laboratorium hendaknya diperhatikan bahan-bahan yang akan digunakan, agar bahan-bahan tersebut memenuhi syarat-syarat standar yang berlaku.
2. Dalam melaksanakan pengujian sebaiknya bahan-bahan dicuci terlebih dahulu untuk mengurangi kesalahan pengukuran karena kadar lumpur atau debu yang menempel pada agregat.
3. Ketelitian pengukuran adalah hal yang harus benar-benar diperhatikan.
4. Untuk mendapatkan campuran beton aspal yang baik, sebaiknya dilakukan pengujian dengan berbagai variasi campuran.

VII. DAFTAR PUSTAKA

Dairi, Gompul, 1996. "*Penelitian Berbagai Jenis Campuran Beraspal Untuk Iklim Tropis Indonesia*". Departemen Pekerjaan Umum.

Ismanto, B. 1993. "*Agregat Bahan Perkerasan Jalan*". Makalah disajikan dalam Penataran Highway Engineering di Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Sukirman, S. 1992. "*Perkerasan Lentur Jalan Raya*". Nova. Bandung.

Sjahdanulirwan M. 1996. "*Analisis Speseifikasi Dan Penyusunan Spesifikasi*

INFORMASI UNTUK PENULISAN NASKAH

JURNAL TEKNIK SIPIL UBL

Persyaratan Penulisan Naskah

1. Tulisan/naskah terbuka untuk umum sesuai dengan bidang teknik sipil.
2. Naskah dapat berupa :
 - a. Hasil penelitian, atau
 - b. Kajian yang ditambah pemikiran penerapannya pada kasus tertentu, yang belum dipublikasikan,

Naskah ditulis dalam bahasa Indonesia atau Inggris. Naskah berupa rekaman dalam Disc (disertai dua eksemplar cetakannya) dengan panjang maksimum dua puluh halaman dengan ukuran kertas A4, ketikan satu spasi, jenis huruf Times New Roman (font size 11).

Naskah diketik dalam pengolah kata MsWord dalam bentuk siap cetak.

Tata Cara Penulisan Naskah

1. Sistematika penulisan disusun sebagai berikut :
 - a. Bagian Awal : judul, nama penulis, alamat penulis dan abstrak (dalam dua bahasa : Indonesia dan Inggris)
 - b. Bagian Utama : pendahuluan (latar belakang, permasalahan, tujuan) , tulisan pokok (tinjauan pustaka, metode, data dan pembahasan.), kesimpulan (dan saran)
 - c. Bagian Akhir : catatan kaki (kalau ada) dan daftar pustaka.Judul tulisan sesingkat mungkin dan jelas, seluruhnya dengan huruf kapital dan ditulis secara simetris.
2. Nama penulis ditulis :
 - a. Di bawah judul tanpa gelar diawali huruf kapital, huruf simetris, jika penulis lebih dari satu orang, semua nama dicantumkan secara lengkap.
 - b. Di catatan kaki, nama lengkap dengan gelar (untuk memudahkan komunikasi formal) disertai keterangan pekerjaan/profesi/instansi (dan kotanya,); apabila penulis lebih dari satu orang, semua nama dicantumkan secara lengkap.
3. Abstrak memuat semua inti permasalahan, cara pemecahannya, dari hasil yang diperoleh dan memuat tidak lebih dari 200 kata, diketik satu spasi (font size 11).
4. Teknik penulisan :

Untuk kata asing dituskan huruf miring.

 - a. Alenia baru dimulai pada ketikan kelima dari batas tepi kiri, antar alinea tidak diberi tambahan spasi.
 - b. Batas pengetikan : tepi atas tiga centimeter, tepi bawah dua centimeter, sisi kiri tiga centimeter dan sisi kanan dua centimeter.
 - c. Tabel dan gambar harus diberi keterangan yang jelas.
 - d. Gambar harus bisa dibaca dengan jelas jika diperkecil sampai dengan 50%.
 - e. Sumber pustaka dituliskan dalam bentuk uraian hanya terdiri dari nama penulis dan tahun penerbitan. Nama penulis tersebut harus tepat sama dengan nama yang tertulis dalam daftar pustaka.
5. Untuk penulisan keterangan pada gambar, ditulis seperti : gambar 1, demikian juga dengan Tabel 1., Grafik 1. dan sebagainya.
6. Bila sumber gambar diambil dari buku atau sumber lain, maka di bawah keterangan gambar ditulis nama penulis dan tahun penerbitan.
7. Daftar pustaka ditulis dalam urutan abjad nama penulisan dan secara kronologis : nama, tahun terbit, judul (diketik miring), jilid, edisi, nama penerbit, tempat terbit.