

TUGAS AKHIR

**PENGARUH VARIASI PENURUNAN TEMPERATUR
PEMADATAN PADA CAMPURAN ASPAL BETON DENGAN
MENGUNAKAN SULFUR SEBAGAI ZAT ADITIF**



PERPUSTAKAAN FTSP UII
HADJAH/PELI

TGL TERIMA : 13-03-03

NO. JUDUL : 000348

NO. INV. : 512000348001

Diselesaikan Oleh :

YOHAN EKO BAWONO 97 511 235

WIDIE ARIFANTO 97 511 364

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2003

TUGAS AKHIR

**PENGARUH VARIASI PENURUNAN TEMPERATUR
PEMADATAN PADA CAMPURAN ASPAL BETON DENGAN
MENGUNAKAN SULFUR SEBAGAI ZAT ADITIF**

*Diajukan guna memenuhi Smart Dalam Rangka Meraih Derajat Sarjana
Pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan*

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta



Diselesaikan Oleh :

YOHAN EKO BAWONO

No. Mhs. : 97 511 235

WIDIE ARIFIANTC

No. Mhs. : 97 511 364

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2003

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR
PENGARUH VARIASI PENURUNAN TEMPERATUR
PEMADATAN PADA CAMPURAN ASPAL BETON DENGAN
MENGGUNAKAN SULFUR SEBAGAI ZAT ADITIF

Diselesaikan Oleh :

Yohan Eko Bawono

No. Mhs. : 97 511 235


Widie Arifianto


No. Mhs. : 97 511364

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. Iskandar S., MT
Dosen Pembimbing I

Ir. Miftahul Fauziah, MT
Dosen Pembimbing II


Tanggal : 10 01 2003


Tanggal : 10 01 2003

KATA PENGANTAR

Assalamu` allaikum wr.wb.

Dengan mengucapkan segala puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, serta salam dan shalawat kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan lancar tanpa hambatan yang cukup berarti.

Tugas Akhir ini dilaksanakan sebagai salah satu syarat dalam rangka menempuh jenjang Srata Satu (S-1) di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya disampaikan kepada semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini, antara lain kepada :

1. Bapak Ir. Iskandar S, MT selaku dosen pembimbing I dan penguji Tugas Akhir
2. Ibu Ir Miftahul Fauziah, MT selaku dosen pembimbing II dan penguji Tugas Akhir.
3. Bapak Ir. Widodo, MSCE, Phd., selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Ir. H. Munadhir. MS., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
5. Segenap staf Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

6. Rekan-rekan seprofesi dan semua pihak yang telah memberi masukan dan saran dalam rangka penyelesaian Tugas Akhir ini.

Tugas Akhir ini dirasakan masih banyak kekurangan karena terbatasnya kemampuan dan waktu yang dimiliki. Demi kesempurnaan dan kemajuan ilmu pengetahuan tentang fungsi dan kegunaan beton prategang di lingkungan masyarakat luas diharapkan adanya kritik dan saran yang bersifat membangun.

Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Billahittaufiq walhidayah

Wassalamu`allaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Januari 2003

Penulis,

DAFTAR ISI

JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSEMBAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR LAMPIRAN	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
INTISARI	ix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Manfaat Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Aspal Beton	5
2.2 Agregat	7
2.3 Aspal	10
2.4 Sulfur (Belerang)	11
2.5 Temperatur Pemasatan	12
2.6 Pemasatan	13

BAB III LANDASAN TEORI	
3.1 Konstruksi Perkerasan	14
3.2 Sifat fisik dan gradasi agregat	15
3.3 Aspal	18
3.4 Sifat fisik Sulfur (Belerang)	19
3.5 Karakteristik <i>Marshall</i>	20
BAB IV HIPOTESA	24
BAB V METODE PENELITIAN	
5.1 Persyaratan dan pengujian bahan	25
5.1.1 Pemeriksaan Agregat	26
5.1.2 Pengujian bahan ikat aspal	28
5.2 Perencanaan Campuran	30
5.2.1 Perencanaan gradasi agregat campuran	30
5.3 Pengujian Campuran	31
5.3.1 Pembuatan Benda Uji	31
5.3.2 Peralatan Pengujian	34
5.3.3 Cara Pengujian	35
5.3.4 Anggapan Dasar	35
5.4 Analisis	36
5.4.1 Stabilitas	37
5.4.2 Kelelehan (<i>Flow</i>)	39
5.4.3 VFWA	39
5.4.4 VITM	39
5.4.5 <i>Marshall Quotient</i>	40

5.4.6 Indeks Perendaman	40
5.5 Kesulitan dan Penyelesaian	41
5.6 Bagan Alir (<i>Flow Chart</i>)	42
BAB VI HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
6.1 Hasil Penelitian Laboratorium	45
6.1.1 Hasil Pengujian Berda Uji	46
6.2 Pembahasan	50
6.2.1 Stabilitas	50
6.2.2 <i>Flow</i>	53
6.2.3 VITM	56
6.2.4 VFWA	59
6.2.5 <i>Marshall Quotient</i>	61
6.2.6 Pengujian Rendaman	63
6.2.7 Evaluasi Hasil Laboratorium Terhadap Spesifikasi	65
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	
7.1 Kesimpulan	69
7.2 Saran	71
BAB VIII PENUTUP	72

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus Kadar Aspal 6%
- Lampiran 2 Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus Kadar Aspal 6.5%
- Lampiran 3 Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus Kadar Aspal 7%
- Lampiran 4 Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus Kadar Aspal 7.5%
- Lampiran 5 Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus Kadar Aspal 8%
- Lampiran 6 Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus KAO 7.05%
- Lampiran 7 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar
- Lampiran 8 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus
- Lampiran 9 Sand Equivalent Data AASHTO T176-73
- Lampiran 10 Pemeriksaan Keausan Agregat (Abrasi Test) AASHTO T96-77
- Lampiran 11 Pemeriksaan Kelekatan Aspal Terhadap Batuan
- Lampiran 12 Pemeriksaan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal
- Lampiran 13 Pemeriksaan Berat Jenis Aspal
- Lampiran 14 Pemeriksaan Titik Lembek Aspal
- Lampiran 15 Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar
- Lampiran 16 Pemeriksaan Penetrasi Aspal
- Lampiran 17 Pemeriksaan Daktilitas/Residu
- Lampiran 18 Pemeriksaan Kelarutan Dalam CCl_4
- Lampiran 19 Perhitungan Test *Marshall*
- Lampiran 20 Perhitungan Test *Marshall* Standar Tanpa Sulfur
- Lampiran 21 Perhitungan Test *Marshall* Perendaman Tanpa Sulfur
- Lampiran 22 Perhitungan Test *Marshall* Standar Dengan Sulfur
- Lampiran 23 Perhitungan Test *Marshall* Perendaman Dengan Sulfur

DAFTAR TABEL

- Tabel 3.1 Persyaratan kualitas agregat kasar
- Tabel 3.2 Persyaratan kualitas agregat halus
- Tabel 3.3 Gradasi mineral pengisi (*filler*)
- Tabel 3.4 Gradasi agregat
- Tabel 3.5 Persyaratan aspal keras
- Tabel 3.6 Persyaratan kualitas *Marshall* campuran
- Tabel 5.1 Koreksi tebal benda uji
- Tabel 6.1 Spesifikasi dan hasil pemeriksaan agregat kasar
- Tabel 6.2 Spesifikaksi dan hasil pemeriksaan agregat halus
- Tabel 6.3 Spesifikasi dan hasil pemeriksaan aspal keras 60-70
- Tabel 6.4 Hasil pemeriksaan *Marshall Test* untuk mencari KAO
- Tabel 6.5 Hasil pemeriksaan *Marshall* terhadap penurunan temperatur pemadatan optimum untuk campuran aspal beton tanpa sulfur
- Tabel 6.6 Hasil pemeriksaan *Marshall* terhadap penurunan temperatur pemadatan optimum untuk campuran aspal beton dengan sulfur
- Tabel 6.7 Hasil pemeriksaan *Marshall* terhadap penurunan temperatur pemadatan optimum untuk campuran aspal beton tanpa sulfur dengan perendaman
- Tabel 6.8 Hasil pemeriksaan *Marshall* terhadap penurunan temperatur pemadatan optimum untuk campuran aspal beton dengan sulfur ddengan perendaman

- Tabel 6.9 Nilai stabilitas hasil pengujian *Marshall* standar
- Tabel 6.10 Nilai *flow* hasil pengujian *Marshall* standar
- Tabel 6.11 Nilai VITM hasil pengujian *Marshall* standar
- Tabel 6.12 Nilai VFWA hasil pengujian *Marshall* standar
- Tabel 6.13 Nilai *Marshall Quotient* hasil pengujian *Marshall* standar
- Tabel 6.14 Nilai Indeks Perendanaan hasil pengujian *Marshall* standar
- Tabel 6.15 Hasil *Marshall Test* dengan berbagai variasi temperatur pemadatan campuran aspal beton tanpa sulfur terhadap persyaratan
- Tabel 6.16 Hasil *Marshall Test* dengan berbagai variasi temperatur pemadatan campuran aspal beton dengan sulfur terhadap persyaratan

INTISARI

Campuran aspal beton merupakan salah satu jenis perkerasan lentur yang menggunakan campuran merata antar agregat dan aspal sebagai bahan pengikat pada temperatur tertentu. Aspal sebagai bahan pengikat sangat dipengaruhi oleh temperatur pemadatan. Zat aditif sebagai bahan tambah campuran memberikan pengaruh yang sangat besar terhadap karakteristik campuran. Zat aditif yang perlu dipertimbangkan penggunaannya dalam usaha mengatasi masalah penurunan temperatur pemadatan diantaranya adalah sulfur. Hal ini disebabkan sifat fisik sulfur pada temperatur yang sama dengan aspal memiliki viskositas yang lebih rendah dibandingkan dengan aspal.

Penelitian ini dilakukan dengan dua tahap, yaitu tahap I untuk mencari kadar aspal optimum dengan pengujian laboratorium yang menggunakan alat Marshall terhadap tiap model benda uji campuran aspal beton dengan kadar aspal 6% sampai 8% dengan interval 0.5% menggunakan aspal AC 60-70. Setelah didapat kadar aspal optimum selanjutnya dilakukan tahap II, yaitu pembuatan model campuran aspal beton dengan menambahkan sulfur sebagai zat aditif sebanyak 30% dari kadar aspal optimum. Untuk pengujian terhadap karakteristik Marshall dilakukan dengan alat pengujian Marshall dengan variasi penurunan temperatur pemadatan dari 140°C sampai dengan 80°C dengan interval temperatur pemadatan 15°C. Hasil penelitian temperatur pemadatan baik pada campuran aspal beton dengan sulfur maupun campuran aspal beton tanpa sulfur kemudian dibandingkan dengan spesifikasi dari Bina Marga (1987) terhadap persyaratan untuk aspal beton yang meliputi stabilitas, flow, VITM, VFWA, Marshall Quotient dan Immersion Test.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh temperatur pemadatan pada campuran aspal beton tanpa sulfur maupun campuran aspal beton yang ditambahkan sulfur menyebabkan perubahan nilai-nilai karakteristik Marshall. Dari hasil penelitian, campuran aspal beton yang memakai sulfur memiliki nilai stabilitas, flow dan VITM yang lebih rendah dibandingkan campuran aspal beton yang tidak memakai sulfur, sedangkan nilai Marshall Quotient, VFWA dan Indeks Perendamannya mengalami kenaikan. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, pada campuran aspal beton tanpa sulfur diperoleh temperatur pemadatan paling baik antara 110°C-140°C, sedangkan pada campuran aspal beton dengan sulfur diperoleh temperatur pemadatan yang paling baik antara 95°C-140°C. Hasil penelitian untuk kedua campuran aspal beton tersebut memenuhi persyaratan temperatur pemadatan minimal untuk aspal beton dari Bina Marga (1987), yaitu 110°C.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sejalan dengan meningkatnya pertumbuhan manusia dan bertambah kompleksnya kebutuhan manusia, haruslah diimbangi dengan usaha pemenuhan kebutuhan tersebut yang meliputi sarana dan prasarana. Transportasi adalah salah satu aspek yang penting guna memenuhi kebutuhan tersebut. Salah satu prasarana transportasi darat yang selalu dituntut perkembangannya guna memenuhi kebutuhan lalu-lintas adalah jalan raya. Kondisi jalan yang baik sangat berpengaruh terhadap lancarnya arus lalu-lintas, sehingga diperlukan perencanaan lajur perkerasan yang baik agar kondisi jalan aman dan nyaman untuk dilalui kendaraan. Oleh karena itu, perlu dibutuhkan struktur jalan yang memenuhi standar spesifikasi jalan yang telah ditetapkan.

Salah satu jenis perkerasan lentur yang mempunyai nilai struktural yang tinggi adalah aspal beton, sehingga aspal beton banyak digunakan di Indonesia untuk jalan dengan tingkat layanan yang tinggi. Aspal beton tersusun atas agregat yang terdiri dari beberapa fraksi yaitu fraksi kasar, halus dan zat aditif dengan menggunakan bahan ikat aspal.

Aspal sebagai bahan ikat sangat dipengaruhi oleh temperatur. Viskositas aspal berubah sesuai dengan perubahan temperatur. Pada temperatur yang tinggi, viskositas aspal rendah (aspal lebih cair), sehingga aspal mampu mengisi rongga

antar batuan secara merata, akan tetapi pemanasan yang terlalu tinggi akan menyebabkan sifat-sifat aspal menjadi rusak, sehingga aspal akan lebih cepat mengeras. Sebaliknya bila pemanasan aspal kurang atau pada temperatur yang rendah, maka aspal bersifat lebih kental sehingga menyebabkan aspal sulit menyelimuti batuan secara merata. Pada saat pemadatan kondisi yang terbaik adalah pada temperatur yang sedemikian rupa sehingga aspal cukup encer untuk mengisi ke semua rongga dengan mudah.

Temperatur yang berpengaruh terhadap kualitas aspal beton adalah temperatur pencampuran, penghampanan dan pemadatan dilapangan. Pada kenyataannya dilapangan, pengawasan terhadap temperatur pemadatan kurang mendapat perhatian, bahkan sering terjadi temperatur pemadatan dilaksanakan dibawah temperatur minimum yang disyaratkan (*Break Down Rolling*). Hal tersebut menyebabkan aspal beton yang dihasilkan berkualitas rendah, karena aspal pada temperatur rendah cenderung kental sehingga pemadatan menjadi lebih sulit untuk mencapai kepadatan optimum (kepadatan yang sudah tidak dapat dipadatkan lagi).

Penggunaan zat aditif dalam campuran memberikan pengaruh yang sangat besar terhadap karakteristik campuran. Zat aditif yang perlu dipertimbangkan penggunaannya dalam usaha mengatasi masalah penurunan temperatur diantaranya adalah sulfur. Sifat fisik dari sulfur adalah pada temperatur yang sama lebih encer (viskositasnya lebih rendah) dibandingkan dengan aspal. Pada temperatur yang sama dengan aspal, aspal bersifat lebih kental daripada sulfur.

Bila pada saat proses pemadatan temperatur pemadatan menurun, campuran aspal beton akan lebih kental, sehingga proses pemadatan akan lebih sulit dilaksanakan. Diharapkan dengan penambahan sulfur pada campuran aspal beton, maka aspal sulfur pada campuran aspal beton akan lebih encer, dengan demikian meskipun temperatur pemadatan dilaksanakan dibawah temperatur minimum yang disyaratkan, proses pemadatan akan lebih mudah dilaksanakan dan tidak mengurangi kualitas aspal beton yang dihasilkan.

Sejalan dengan hal diatas, perlu diteliti seberapa besar pengaruh penurunan temperatur pemadatan terhadap karakteristik *Marshall* pada campuran aspal beton dengan dan tanpa sulfur sebagai zat aditif.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi penurunan temperatur pemadatan pada campuran aspal beton dengan dan tanpa penambahan sulfur sebagai zat aditif terhadap karakteristik campuran aspal beton. Karakteristik yang ditinjau adalah nilai-nilai *Marshall* berdasarkan spesifikasi Bina Marga tahun 1987. Parameter *Marshall* tersebut adalah kelelehan (*flow*), kepadatan (*density*), VITM (*Void In The Mix*), VFWA (*Void Filled With Asphalt*), MQ (*Marshall Quotient*) dan IP (Indeks perendaman).

1.3 Manfaat Penelitian

Dengan penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada pihak pelaksana pembangunan jalan untuk mengatasi masalah penurunan temperatur pemadatan pada proses pemadatan. Dengan dipergunakannya sulfur sebagai zat aditif pada penelitian ini, maka diharapkan campuran aspal beton tidak akan berkurang kualitasnya walaupun proses pemadatan dilaksanakan dibawah temperatur minimum yang disyaratkan.

1.4 Batasan Masalah

Pada penelitian ini batasan masalah yang diambil adalah :

1. Campuran aspal beton menggunakan spesifikasi Bina Marga tahun 1987 Grading VIII (dapat dilihat pada tabel 3.4).
2. Spesifikasi campuran aspal beton disesuaikan dengan spesifikasi Bina Marga tahun 1987.
3. Masalah yang dibahas hanya mengenai pengaruh penurunan temperatur pemadatan pada campuran aspal beton dengan dan tanpa sulfur sebagai zat aditif terhadap karakteristiknya.
4. Perencanaan campuran aspal beton dalam penelitian ini ditujukan untuk melayani lalu-lintas berat dengan jumlah tumbukan 2×75 berdasarkan Bina Marga (1987).
5. Penggunaan sulfur sebagai zat aditif diperhitungkan berdasarkan prosentasi berat terhadap kadar aspal optimum.

6. Pengaruh yang terjadi hanya dilihat terhadap karakteristik *Marshall* berdasarkan persyaratan Bina Marga tahun 1987.
7. Pada penelitian ini tidak membahas dan menguji unsur kimiawi bahan, semua pengujian berupa uji fisik bahan saja.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Aspal Beton

Aspal beton merupakan salah satu jenis perkerasan lentur yang mempunyai campuran aspal keras dengan agregat bergradasi menerus, kemudian dicampur, diamparkan dan dipadatkan pada suhu tertentu (Bina Marga, 1983).

Aspal beton banyak dipergunakan sebagai bahan lapis permukaan untuk jalan yang menerima beban lalu-lintas yang tinggi, yang tersusun dari agregat dengan gradasi menerus dan bahan ikat aspal yang diolah atau dicampur secara panas (*The Asphalt Institute*, 1983).

Karakteristik yang harus dimiliki suatu campuran aspal beton adalah sebagai berikut :

1. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas adalah besarnya kemampuan lapis perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja.

2. Durabilitas (*Durability*)

Durabilitas adalah ketahanan umur lapis keras terhadap pengaruh cuaca, air dan perubahan temperatur ataupun keausan akibat gesekan kendaraan. Sifat aspal dapat berubah karena oksidasi dan perubahan dari campuran yang disebabkan gaya air.

2.2 Agregat

Agregat merupakan salah satu komponen dari lapisan perkerasan jalan dan berperan dalam mendukung serta menyebarkan beban roda kendaraan ke lapis tanah dasar. Sifat dan kualitas agregat menentukan kemampuan untuk memikul beban lalu-lintas (Silvia Sukirman, 1992). Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok, yaitu :

1. Kekuatan dan keawetan (*Strength and Durability*).
2. Kemudahan untuk dilapisi aspal dengan baik.
3. Kemudahan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang aman dan nyaman.

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

1. Ukuran dan gradasi

Gradasi adalah distribusi ukuran butir agregat yang dapat diketahui dengan tes analisis saringan. Gradasi berpengaruh terhadap volume rongga antar butir sehingga mempengaruhi nilai stabilitas dan sifat mudah dikerjakan. Menurut Kerb dan Walker (1971), agregat dibedakan menjadi tiga macam, yaitu :

- a. *Well Graded* adalah gradasi yang mempunyai ukuran butir dari ukuran yang terbesar sampai ukuran yang terkecil untuk menghasilkan suatu

campuran perkerasan dengan bahan ikat aspal yang mempunyai stabilitas tinggi.

b. *Gap Graded* adalah gradasi yang dalam distribusi ukuran butirannya tidak mempunyai salah satu atau beberapa ukuran tertentu (timpang/tidak menerus).

c. *Uniform* adalah gradasi yang dalam ukuran butirannya mengandung butiran yang ukurannya hampir sama/seragam.

2. Kekuatan terhadap keausan

Agregat yang digunakan dalam perkerasan jalan harus mempunyai kekerasan tertentu agar tidak mudah pecah menjadi ukuran yang lebih kecil pada saat pencampuran dan pemadatan akibat beban lalu-lintas selama umur pelayanan jalan. Agregat sebelum digunakan pada perkerasan jalan dilakukan uji keausan yaitu dengan uji *Los Angeles* berdasarkan AASTHO T 96-97. Nilai abrasi yang diijinkan untuk perkerasan jalan maksimal 40%.

3. Kelekatan terhadap aspal

Kelekatan terhadap aspal dipengaruhi oleh sifat-sifat agregat sebagai berikut :

a. sifat mekanis, tergantung dari :

- 1) pori-pori dan absorpsi
- 2) bentuk dan tekstur permukaan
- 3) ukuran butiran

b. sifat kimiawi agregat

Permukaan agregat yang kasar akan memberikan ikatan dengan aspal yang lebih baik daripada agregat yang mempunyai permukaan yang lebih licin. Kelekatan agregat terhadap aspal juga dipengaruhi oleh sifat agregat dengan air. Agregat berpori berguna untuk menyerap aspal sehingga ikatan aspal dengan agregat baik. Apabila agregat banyak pori mengakibatkan terlalu banyak aspal yang terserap ke dalam agregat.

4. Bentuk butiran (*Participle Shape*)

Bentuk butiran agregat bersudut seperti kubus (*Equidimensional*) mempunyai gesekan dalam (*Internal Friction*) yang tinggi dan bersifat saling mengunci sehingga menghasilkan kestabilan konstruksi perkerasan yang tinggi pula.

5. Porositas

Nilai porositas yang tinggi menyebabkan jumlah aspal yang diserap agregat menjadi banyak, tetapi agregat harus mempunyai nilai porositas tertentu agar terjadi ikatan yang kuat antara agregat dan aspal.

6. Tekstur permukaan

Permukaan yang kasar menimbulkan tahanan terhadap *stripping* yang lebih baik bila dibandingkan dengan permukaan yang halus.

7. Kebersihan dan sifat kimia

Agregat tidak boleh mengandung bahan yang mudah lepas seperti lempung, lanau, kalsium karbonat yang melebihi batasan tertentu karena

akan mengurangi daya lekat dengan aspal. Pemeriksaan untuk agregat halus yaitu dengan uji *Sand Equivalent*.

2.3 Aspal

Menurut Kerbs dan Walker (1971) aspal adalah bahan padat atau semi padat yang berwarna coklat gelap sampai hitam yang sebagian bahan penyusunnya adalah bitumen yang terjadi di alam atau melalui penyulingan minyak. Aspal semen (AC) atau aspal keras adalah aspal yang dibuat dengan kekentalan dan kualitas tertentu yang didapat dari residu hasil destilasi minyak bumi pada keadaan hampa udara.

Menurut Silvia Sukirman (1992) aspal didefinisikan sebagai material bitumen yang digunakan sebagai bahan pengikat batuan untuk lapis perkerasan. Jenis aspal keras ditandai dengan angka penetrasi aspal. Angka penetrasi ini menyatakan tingkat kekerasan aspal atau konsistensi aspal. Semakin besar angka penetrasi semakin rendah tingkat kekerasan aspal, sebaliknya semakin kecil angka penetrasi maka aspal akan semakin keras/padat (AASHTO, 1988).

Bina Marga menetapkan bahwa jenis aspal keras yang dapat dipergunakan sebagai bahan ikat dalam campuran agregat aspal yaitu AC 60-70 dan AC 80-100 yang mempunyai spesifikasi yang disesuaikan dengan kondisi alam di Indonesia.

2.4 Sulfur (Belerang)

Menurut Meyer sulfur adalah bahan anorganik, non metalik yang banvak berupa kristal padat berwarna kuning dengan nilai kepadatan 2,00. Pada temperatur kamar sulfur berbentuk rombik, yaitu suatu bangun yang mempunyai tiga poros saling tegak lurus satu dengan yang lainnya dan masing-masing berbeda panjangnya. Bentuk ini disebut sebagai belerang alfa dan stabil sampai temperatur 95°C. Lebih dari temperatur ini sulfur akan berubah bentuk ke prismatic. Pada temperatur 95,5°C belerang alfa berubah menjadi belerang beta, berstruktur monoklin, yaitu merupakan bangunan dengan tiga poros yang sama panjang, dua diantaranya saling tegak lurus sedang yang satunya cenderung miring terhadap kedua poros tersebut (Setyaheni, 1993).

Pada temperatur 116°C - 169°C sulfur berbentuk cair dengan viskositas sekitar 8 sampai 10 centipoise. Pada pemanasan lebih dari 159°C viskositasnya naik secara tajam, dan mulai temperatur 200°C viskositasnya mulai turun lagi. Temperatur titik didih sulfur adalah 444,6°C (Setyaheni, 1993).

Pada penelitian sebelumnya, Setyaheni (1993) menyatakan bahwa penggunaan sulfur sebagai bahan tambah dapat menaikkan stabilitas campuran aspal beton dibandingkan dengan campuran aspal beton yang tidak menggunakan sulfur sebagai bahan tambah. Selain itu, penelitian lain menyatakan bahwa penggunaan sulfur sebagai bahan tambah pada campuran HRA dapat menaikkan stabilitas campuran HRA (Mulyono, AT, 1999).

sulfur sebagai bahan tambah. Selain itu, penelitian lain menyatakan bahwa penggunaan sulfur sebagai bahan tambah pada campuran HRA dapat menaikkan stabilitas campuran HRA (Mulyono, AT, 1999).

2.5 Temperatur Pematatan

Pada temperatur jalan yang dikerjakan secara panas, temperatur sangat mempengaruhi kualitas perkerasan yang dihasilkan serta tingkat kemudahan dan pekerjaan (*workability*). Temperatur yang dimaksud adalah temperatur pelaksanaan konstruksi pada saat pencampuran, penghamparan maupun pematatan. Bahan penyusun campuran yang sangat dipengaruhi oleh temperatur adalah aspal, karena viskositasnya akan turun/ cair pada temperatur yang sangat tinggi dan naik kembali apabila temperatur turun. Dengan temperatur tinggi akan memudahkan pencampuran karena aspal akan mudah merata pada campuran hingga menyelimuti seluruh permukaan agregat dan memudahkan pematatan. Dengan temperatur tinggi aspal akan mengisi rongga-rongga dalam campuran, sebaliknya pada temperatur yang rendah aspal sudah mengeras sehingga proses pematatan akan mengalami kesulitan. Pada pemanasan aspal juga harus diperhatikan tingkat temperaturnya dimana tidak boleh terlalu tinggi hingga melampaui titik nyala aspal bahkan titik bakarnya sebab aspal akan rusak. Dengan rusaknya aspal maka akan mudah rapuh/getas dan daya ikat aspal akan rendah sehingga berakibat menurunnya kualitas konstruksi lapis perkerasan (*The Asphalt Institute MS-22, 1983*).

2.6 Pemadatan

Pemadatan adalah suatu proses untuk memperkecil volume campuran dengan menghilangkan rongga udara yang terdapat dalam campuran. Cara yang dilakukan adalah dengan menekan partikel-partikel campuran yang sudah diselimuti oleh aspal secara bersama-sama sehingga pori-pori udara dalam campuran berkurang. Pemadatan diharapkan dapat dicapai bila kandungan rongga udara dan kerapatan yang dihasilkan mencapai optimum. Hal ini dapat dicapai apabila pemadatan dilaksanakan pada temperatur yang sesuai.

Temperatur pemadatan akan berpengaruh terhadap pemadatan aspal beton. Pada temperatur yang terlalu tinggi aspal masih bersifat sangat encer dan menjadi pelicin antar batuan, sehingga pemadatan menjadi sulit dilakukan. Sebaliknya jika temperatur aspal bersifat kental, sehingga berakibat pemadatan menjadi sulit untuk mencapai kepadatan optimum.

Pemadatan dilakukan untuk menghilangkan rongga kosong/pori dalam campuran perkerasan. Adanya pori-pori dapat menyebabkan terjadinya proses oksidasi sedangkan hasil oksidasi akan terlarut dalam air yang akan masuk kedalam pori-pori yang menyebabkan campuran menjadi getas (*The Asphalt Institute MS-22, 1983*). Secara umum pemadatan dimaksudkan untuk memperluas bidang sentuh antar batuan sehingga mempertinggi *Internal Friction*.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Konstruksi Perkerasan

Perkerasan jalan adalah suatu lapisan yang diletakkan diatas tanah dasar setelah dipadatkan, yang berfungsi untuk memikul dan menyebarkan beban, baik ke arah horisontal maupun vertikal dan akhirnya meneruskan beban ke tanah dasar (*subgrade*), agar tanah dasar tidak mendapat tekanan melampaui daya dukung ijin. Pada umumnya lapis perkerasan terdiri dari beberapa lapis, dengan kualitas bahan semakin ke atas semakin baik. Secara umum konstruksi perkerasan terdiri dari tiga jenis, yaitu :

1. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan bahan ikat aspal.
2. Perkerasan kaku (*Rigid Pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan bahan ikat *Portland Cement*.
3. Perkerasan komposit (*Composite Pavement*), yaitu perkerasan campuran antara perkerasan kaku dengan perkerasan lentur.

Pada perkerasan lentur, tersusun dari tiga bagian, yaitu :

- a. Lapis permukaan (*Surface Course*)
- b. Lapis pondasi atas (*Base Course*)
- c. Lapis pondasi bawah (*Subbase Course*)

Pada penelitian ini dilakukan pengujian terhadap campuran agregat, aspal dan bahan tambah yang ditujukan untuk lapis permukaan (*Surface Course*).

3.2 Sifat fisik dan gradasi agregat

Menurut ukuran butirannya agregat dapat dikelompokkan menjadi tiga (*The Asphalt Institute MS-22, 1991*), yaitu :

1. Agregat kasar

Agregat kasar yaitu batuan yang tertahan saringan no. 8 (2,36 mm). Agregat kasar dalam campuran berfungsi memberikan stabilitas campuran dengan cara saling mengunci dari masing-masing partikel agregat kasar, serta diperoleh juga stabilitas dari tahanan gesek (*friction resistance*) terhadap suatu aksi perpindahan. Bentuk dan tekstur dari agregat kasar sangat menentukan dalam memberikan stabilitas yang tinggi. Oleh karena itu agregat kasar yang ideal adalah agregat yang memiliki bentuk siku-siku mendekati kubus dan permukaannya kasar.

Tabel 3.1 Persyaratan kualitas agregat kasar

No.	Jenis Pemeriksaan	Cara Pemeriksaan	Pesyaratan	Satuan
1.	Tingkat keausan dengan mesin Los Angeles	PB-0206-76	≤ 40	%
2.	Kelekatan terhadap aspal	PB-0205-76	≥ 95	%
3.	Penyerapan terhadap air	PB-0202-75	< 3	%
4.	Berat jenis semu	PB-0202-76	2,5	-
5.	Berat jenis kering permukaan jenuh	PB-0202-76	2,5	-
6.	Tingkat keawetan (Soundness)	PB-0202-75	≤ 12	%

Sumber : Bina Marga 1987

2. Agregat halus

Agregat halus yaitu batuan yang lolos saringan no.8 (2,36 mm) dan tertahan saringan no.200 (0,075 mm). Agregat halus dalam campuran berfungsi untuk menambah stabilitas campuran dengan memperkokoh sifat saling mengunci dari agregat kasar. Disamping itu agregat halus juga berfungsi mengurangi rongga udara dalam campuran dan menaikkan luas permukaan (*surface area*) dari agregat, sehingga mengakibatkan naiknya kadar aspal yang pada akhirnya akan mengakibatkan campuran perkerasan menjadi lebih awet (*durable*).

Tabel 3.2 Persyaratan kualitas agregat halus

No.	Jenis Pemeriksaan	Pemeriksaan	Persyaratan	Satuan
1.	Berat jenis semu	PB-0202-07	$\geq 2,5$	-
2.	Peresapan terhadap air	PB-0202-07	≤ 3	%
3.	Nilai Sand Equivalent	PB-0202-07	≥ 50	%

Sumber : Bina Marga, 1983

3. Agregat pengisi (*filler*)

Agregat pengisi adalah batuan yang lolos saringan no. 200 (0,075 mm) dan tertahan pan. *Filler* bisa berupa semen portland, debu batu, batu kapur dan lain sebagainya. *Filler* berfungsi mengisi rongga dalam campuran dan meningkatkan kerapatan dan stabilitas campuran.

Tabel 3.3 Gradasi mineral pengisi (*filler*)

No.	Ukuran Saringan No. (mm)	% lolos
1.	No.30 (0,59 mm)	100
2.	No.50 (0,279 mm)	95 – 100
3.	No.100 (0,149 mm)	90 – 100
4.	No.200 (0,047 mm)	70 – 100

Sumber : Bina Marga, 1983

Gradasi agregat aspal beton yang dipergunakan dalam penelitian ini mengikuti spesifikasi teknis campuran seperti terdapat dalam tabel 3.4. Gradasi yang dipakai adalah gradasi VIII (dapat dilihat pada tabel 3.4).

Tabel 3.4 Gradasi agregat

Ukuran Saringan (mm)	% Derat yang lolos										
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
38,1	-	-	-	-	-	100	-	-	-	-	-
25,4	-	-	-	-	100	90- 100	-	-	100	100	-
19,1	-	100	-	100	80- 100	82- 100	100	-	85- 100	95- 100	100
12,7	100	75- 100	100	80- 100	-	72- 90	80- 100	100	-	-	-
9,52	75- 100	60- 85	80- 100	70- 90	60- 80	-	-	-	65- 85	56- 78	74- 92
4,76	35- 55	55- 75	50- 70	50- 70	48- 65	52- 70	54- 72	62- 80	45- 65	38- 60	48- 70
2,38	20- 35	20- 35	35- 50	35- 50	35- 50	40- 56	42- 58	44- 60	34- 45	27- 47	33- 53
0,59	10- 22	10- 22	18- 29	18- 29	19- 30	24- 36	26- 38	28- 40	20- 35	13- 28	15- 30
0,279	6-16	6-16	13- 23	13- 23	13- 23	16- 26	18- 28	20- 30	16- 26	9-20	10- 20
0,149	4-12	4-12	8-16	8-16	7-15	10- 18	12- 20	12- 20	10- 18	-	-
0,047	2-8	2-8	4-10	4-10	1-8	6-12	6-12	6-12	5-10	4-8	4-9

Sumber : Bina Marga, 1987

Keterangan :

- a. No. Campuran : I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X dapat digunakan untuk lapis permukaan.

- b. No. Campuran : II digunakan untuk lapis permukaan, perata (*levelling*) dan lapis antara (*binder*).
- c. No. Campuran : V digunakan untuk lapis permukaan dan lapis antara (*binder*).

3.3 Aspal

Aspal digunakan sebagai bahan ikat dan pengisi rongga antar batuan pada campuran aspal beton, serta sebagai pelumas pada saat pemadatan. Sifat-sifat aspal akan sangat berpengaruh terhadap karakteristik campuran perkerasan. Aspal keras dengan angka penetrasi rendah lebih banyak digunakan di daerah dengan cuaca yang panas atau lalu-lintas dengan volume yang tinggi, sedangkan aspal keras dengan angka penetrasi yang lebih banyak digunakan di daerah dengan cuaca yang dingin atau lalu-lintas dengan volume yang rendah. Di daerah beriklim tropis seperti di Indonesia pada umumnya digunakan aspal keras AC 60-70 dan AC 80-100.

Aspal mempunyai sifat *thermoplastik*, dimana konsistensinya berubah sesuai dengan perubahan temperatur. Pada temperatur yang tinggi, aspal akan mempunyai nilai *viskositas* yang rendah/aspal lebih cair, disamping itu aspal akan memiliki daya ikat yang tinggi dan mampu mengisi rongga antar batuan secara merata. Sedangkan pada temperatur yang rendah, aspal akan mempunyai nilai *viskositas* yang tinggi, sehingga aspal tidak bisa menyelimuti batuan secara sempurna.

Pemakaian aspal dalam campuran sangat menentukan tingkat kekedapan campuran terhadap air dan udara, semakin besar kadar aspal semakin rapat campuran karena rongga dalam campuran dapat terisi oleh aspal. Tetapi kadar aspal yang berlebihan, akan berakibat aspal berubah fungsi menjadi pelicin pada saat temperatur tinggi, untuk itu perlu dicari kadar aspal optimum. Aspal yang digunakan pada penelitian ini berupa aspal keras penetrasi 60-70 dengan persyaratan yang dapat dilihat pada tabel 3.5 berikut :

Tabel 3.5 Persyaratan aspal keras

No.	Jenis Pemeriksaan	AC 60-70	Satuan
1.	Penetrasi (25°C, 5 detik)	60 – 79	0,1 mm
2.	Titik lembek (ring and ball)	48 – 58	°C
3.	Titik nyala (elev. Open cup)	200	°C
4.	Kehilangan berat (163°C, 5 jam)	≤ 0,4	% berat
5.	Kelarutan (CCl ₄ atau CS ₂)	99	% berat
6.	Daktilitas (25°C, 5 cm/menit)	100	Cm
7.	Penetrasi setelah kehilangan berat	75	% semula
8.	Berat jenis (25°C)	1	-

Sumber : Bina Marga, 1987

3.4 Sifat fisik Sulfur (Belerang)

Deme (Setyaheni, 1993) menyatakan bahwa belerang cair mempunyai tiga bentuk, yaitu : cairan kuning pucat (dibawah 160°C), cairan kental coklat tua (diatas 160°C) dan bentuk pi yang selalu ada dalam keseimbangan dengan kedua bentuk tersebut. Pada temperatur 116°C-169°C sulfur berbentuk cair dengan viskositas sekitar 8 sampai dengan 10 centipoise. Pada pemanasan lebih dari

159°C *viskositasnya* naik secara tajam. Dan mulai temperatur 200°C *viskositasnya* mulai turun lagi. Temperatur titik didih sulfur berada pada suhu 444,6°C.

Pada temperatur 116°C-159°C sulfur berbentuk cair dengan *viskositas* antara 8 sampai 10 centipoise, sedangkan aspal pada temperatur yang sama *viskositasnya* masih tinggi, yaitu sekitar 300 sampai dengan 600 centipoise untuk AC 60-70. Pada temperatur 159°C-200°C *viskositas* sulfur naik secara tajam (mengental), sedangkan *viskositas* aspal justru semakin rendah (cair). Akibat perbedaan sifat itu, apabila sulfur ditambahkan pada aspal, maka aspal akan mempertahankan *viskositasnya* tetap rendah meskipun temperatur sudah turun.

3.5 Karakteristik *Marshall*

Parameter karakteristik *Marshall* yang dapat diperoleh dari pengujian *Marshall* adalah :

1. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas adalah kemampuan lapis perkerasan untuk menerima beban lalu-lintas dengan perubahan bentuk yang relatif kecil. (*The Asphalt Institute, MS-22, 1984*).

2. VITM (*Void In The Mix*)

VITM adalah prosentase rongga udara yang ada terhadap volume pada suatu campuran. Nilai VITM akan berkurang dengan bertambahnya kadar aspal dalam campuran, karena rongga antar butir agregat akan terisi aspal (Robert et al, 1991).

3. VFWA (*Void Filled With Asphalt*)

VFWA adalah prosentase rongga dalam agregat padat yang terisi aspal. VFWA yang terlalu tinggi dapat menyebabkan aspal naik kepermukaan pada campuran porus dan mudah teroksidasi (Robert et al, 1991).

4. Kelelehan (*Flow*)

Kelelehan menunjukkan besarnya deformasi vertikal dari campuran akibat beban yang bekerja padanya mulai awal pembebanan sampai kondisi kestabilan menurun. Pengukuran nilai *flow* dilakukan bersamaan dengan pengukuran nilai stabilitas *Marshall*.

5. MQ (*Marshall Quotient*)

Marshall Quotient merupakan hasil bagi antara stabilitas dan kelelehan yang digunakan untuk pendekatan terhadap tingkat kekakuan (*flexibility*) campuran. Nilai *Marshall Quotient* yang tinggi menunjukkan nilai kekakuan lapis keras tinggi. Lapis keras yang memiliki nilai MQ terlalu tinggi akan mudah terjadi retak-retak akibat beban berulang dari lalu-lintas. Sebaliknya nilai MQ yang terlalu rendah menunjukkan campuran terlalu plastis (*flexible*) yang mengakibatkan perkerasan mudah berubah bentuk jika menerima beban lalu-lintas (*The Asphalt Institute MS-22, 1983*).

6. Indeks Perendaman

Uji perendaman bertujuan untuk mengetahui perubahan karakteristik campuran akibat dari pengaruh air, suhu dan cuaca. Pengujian ini mempunyai prinsip yang sama dengan pengujian *Marshall* standar, hanya dengan waktu perendaman yang berbeda. Uji perendaman pada penelitian ini dilakukan selama 30 menit dan 24 jam dalam temperatur konstan 60°C sebelum pembebanan diberikan. Uji rendaman ini mengacu pada AASTHO T.165-82 atau ASTM D.1075-76. Apabila indeks tahanan kekuatan ≥ 75 % campuran tersebut dapat dikatakan memiliki tahanan kekuatan yang cukup memuaskan dari kerusakan oleh air, suhu dan cuaca.

Adapun parameter data fisik yang diperlukan untuk analisis VITM dan VFWA adalah sebagai berikut :

a = kadar aspal dalam campuran agregat (%)

b = kadar aspal terhadap campuran total (%)

c = berat benda uji sebelum direndam air (gram)

d = berat benda uji dalam keadaan jenuh air / ssd (gram)

e = berat benda uji didalam air (gram)

f = volume benda uji = d-e (cc)

g = berat volume benda uji = density = c/f (gram/cc)

h = berat jenis maksimum teoritis (gram/cc)

$$i = \text{volume aspal} = \frac{(b \times g)}{B_{\text{Jaspal}}}, \quad (\%)$$

$$j = \text{volume agregat} = \frac{(100 - b) \times g}{B_{\text{Jagregat}}}, \quad (\%)$$

k = kadar rongga dalam campuran = $(100 - i - j)$, (%)

$$l = \text{kadar rongga terhadap campuran (VITM)} = 100 - \frac{(100 \times g)}{h}, \quad (\%)$$

$$m = \text{kadar rongga yang terisi aspal (VFWA)} = 100 \times \frac{l}{j}, \quad (\%)$$

Selanjutnya dari semua hasil pengujian *Marshall* dibandingkan dengan spesifikasi Bina Marga 1987 seperti tabel 3.6 berikut :

Tabel 3.6 Persyaratan kualitas *Marshall* Campuran

No.	Parameter	Persyaratan	Satuan
1.	Stabilitas	550	Kg
2.	Flow	2 - 4	Mm
3.	VITM	3 - 5	%
4.	VFWA	75 - 82	%
5.	MQ	200 - 350	Kg/mm

Sumber : Bina Marga, 1987

diselimuti oleh aspal secara bersama-sama sehingga pori-pori udara dalam campuran berkurang. Pemadatan diharapkan dapat dicapai bila kandungan rongga udara dan kerapatan yang dihasilkan mencapai optimum. Hal ini dapat dicapai apabila pemadatan dilaksanakan pada temperatur yang sesuai.

Temperatur pemadatan akan berpengaruh terhadap pemadatan aspal beton. Pada temperatur yang terlalu tinggi aspal masih bersifat sangat encer dan menjadi pelicin antar batuan, sehingga pemadatan menjadi sulit dilakukan. Sebaliknya jika temperatur aspal bersifat kental, sehingga berakibat pemadatan menjadi sulit untuk mencapai kepadatan optimum.

Pemadatan dilakukan untuk menghilangkan rongga kosong/pori dalam campuran perkerasan. Adanya pori-pori dapat menyebabkan terjadinya proses oksidasi sedangkan hasil oksidasi akan terlarut dalam air yang akan masuk kedalam pori-pori yang menyebabkan campuran menjadi getas (*The Asphalt Institute MS-22, 1983*). Secara umum pemadatan dimaksudkan untuk memperluas bidang sentuh antar batuan sehingga mempertinggi *Internal Friction*.

Tabel 3.7 Persyaratan Temperatur Pemadatan

Jenis Pemadatan	Temperatur	Alat
Pemadatan Awal	Minimal 110°C	Pemadat roda besi
Pemadatan Antara	90°C – 110°C	Pemadat roda karet
Pemadatan Akhir	Minimal 90°C	Pemadat roda besi

Sumber : Bina Marga 1987

BAB IV

HIPOTESA

Kualitas aspal beton sangat dipengaruhi oleh temperatur pencampuran maupun pemadatan. Pada pelaksanaan dilapangan sering terjadi pemadatan dilaksanakan pada temperatur lebih rendah dari persyaratan, sehingga mempengaruhi kualitas aspal beton yang dihasilkan. Sulfur memiliki sifat *viskositas* yang lebih rendah dibanding dengan aspal pada temperatur yang sama. Dengan penambahan sulfur dalam aspal diharapkan pada temperatur yang sama aspal memiliki sifat *viskositas* lebih rendah dibandingkan dengan campuran aspal beton tanpa sulfur. Berdasarkan landasan teori yang ada, diduga campuran dengan penambahan sulfur memiliki kualitas yang ditunjukkan dengan parameter stabilitas (*Stability*), kelelahan (*Flow*), VITM (*Void In The Mix*), VFWA (*Void Filled With Asphalt*), MQ (*Marshall Quotient*) dan Indeks Perendaman (*Immersion Test*).

BAB V

METODE PENELITIAN

Pada penelitian Tugas Akhir ini dilakukan percobaan di Laboratorium Jalan Raya jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia. Pada tahap ini kegiatan yang dilakukan adalah mengumpulkan bahan-bahan dan buku-buku pustaka sebagai penunjang landasan teori. Bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah berupa agregat, aspal dan bahan tambah. Agregat yang dipergunakan dalam penelitian ini berasal dari hasil pemecah batu (*Stone Crusher*) milik PT. Perwita Karya di daerah Clereng Kulon Progo Yogyakarta. Sedangkan aspal yang dipakai adalah jenis AC 60-70 produksi Pertamina yang diperoleh dari PT. Perwita Karya Yogyakarta. Untuk bahan tambah dipakai sulfur yang di dapat dari pasar Beringharjo, Yogyakarta. Semua bahan dalam penelitian ini tersedia di Laboratorium Jalan Raya jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

5.1 Persyaratan dan Pengujian Bahan

Bahan-bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini sebelumnya diuji di laboratorium. Data dari pengujian bahan tersebut digunakan dalam pembuatan benda uji. Adapun pengujian yang dilakukan meliputi :

1. Pemeriksaan Agregat

Agregat merupakan komponen utama dari lapis perkerasan jalan, kandungan agregat dalam lapis perkerasan berkisar 90 – 95 % persentase berat atau 75 – 85% berdasarkan persentase volume. Dengan demikian daya dukung, keawetan, dan mutu perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan pencampuran agregat dengan material lain. Adapun untuk mengetahui kualitas agregat dilakukan pemeriksaan sebagai berikut .

1. Pemeriksaan keausan agregat

Ketahanan agregat terhadap penghancuran diperiksa dengan menggunakan percobaan Abrasi Los Angeles berdasarkan PB-0206-76. Agregat yang disiapkan dimasukkan kedalam mesin Los Angeles bersama-sama dengan bola-bola baja, lalu diputar dengan kecepatan 30/33 rpm selama 500 putaran. Nilai akhir dinyatakan dalam persen yang merupakan hasil perbandingan antara berat benda uji semula dikurang berat benda uji tertahan saringan No. 12-dengan berat benda uji semula. Nilai tinggi menunjukkan banyaknya benda uji yang hancur akibat putaran alat yang mengakibatkan tumbukan dan gesekan antar partikel dengan bola-bola baja. Nilai abrasi $> 40\%$ menunjukkan agregat tidak mempunyai kekerasan cukup untuk digunakan sebagai bahan/material lapisan perkerasan.

2. Pemeriksaan berat jenis

Berat jenis adalah perbandingan antara berat volume agregat dan berat volume air. Besarnya berat jenis agregat penting dalam perencanaan campuran agregat

dengan aspal karena umumnya direncanakan dengan perbandingan berat dan juga untuk menentukan banyaknya pori. Agregat dengan berat jenis yang kecil mempunyai volume yang besar sehingga dengan berat yang sama membutuhkan jumlah aspal yang banyak. Disamping itu agregat dengan kadar pori yang besar membutuhkan jumlah aspal yang banyak. Adapun pemeriksaan berat jenis ditentukan berdasarkan prosedur pengujian PB-0202-76 dengan persyaratan min 2,5 gr/cc.

3. Pemeriksaan kelekatan terhadap aspal

Kelekatan agregat terhadap aspal dinyatakan dalam persentase luas permukaan batuan yang tertutup aspal terhadap seluruh permukaan dan besarnya minimal 95 %. Faktor yang mempengaruhi lekatan aspal dan agregat adalah sifat mekanis dan kimia agregat. Sifat mekanis terdiri atas bentuk dan tekstur permukaan, ukuran butiran, kandungan pori dan absorpsi. Pemeriksaan agregat untuk daya lekatnya terhadap aspal dilakukan dengan percobaan mengikuti prosedur dari PB-0205-76.

4. Pemeriksaan peresapan agregat terhadap air

Peresapan agregat terhadap air dilakukan untuk mengetahui besarnya air yang terserap oleh agregat. Besarnya peresapan air yang diijinkan maksimal sebesar 3 %. Air yang telah diserap oleh agregat sukar dihilangkan seluruhnya walaupun melalui proses pengeringan, sehingga mempengaruhi daya lekat aspal dengan agregat.

5. Pemeriksaan *Sand Equivalent*

Sand Equivalent Test dilakukan untuk mengetahui kadar debu bahan yang menyerupai lempung pada agregat halus/pasir. Lempung dapat mempengaruhi mutu campuran agregat dengan aspal karena lempung membungkus partikel-partikel agregat sehingga ikatan antar agregat dengan aspal berkurang, dan adanya lempung mengakibatkan luas daerah yang harus diselimuti aspal bertambah. Sand Equivalent Test dilakukan untuk partikel agregat yang lolos saringan No. 4 sesuai prosedur AASHTO T.176-73. Nilai yang disyaratkan sebesar minimal 50 %.

2. Pengujian Bahan Ikat Aspal

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

1. Pemeriksaan Penetrasi

Pemeriksaan ini bertujuan untuk memeriksa tingkat kekerasan aspal. Prosedur pemeriksaan mengikuti PA-0301-76. Pemeriksaan dilakukan dengan memasukan jarum penetrasi berdiameter 1 mm dengan menggunakan beban seberat 50 gr sehingga diperoleh beban gerak seberat 100 gr (berat jarum + beban) selama 5 detik pada temperatur 25° C. Besarnya angka penetrasi untuk aspal AC 60 – 70 adalah antara 60 sampai 79.

2. Pemeriksaan Titik Lembek (*Softening point test*)

Titik lembek aspal adalah suhu dimana suatu lapisan aspal dalam cincin yang diletakan horizontal di dalam larutan air atau gliserine yang dipanaskan secara teratur menjadi lembek karena beban bola baja dengan diameter 9,53 mm seberat 3,5 gr yang diletakan diatasnya sehingga lapisan aspal jatuh kedasar dengan jarak 1 inchi. Prosedur pemeriksaan mengikuti PA – 0302 – 76 atau dengan nilai yang disyaratkan sebesar 48° C sampai dengan 58° C.

3. Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar

Pemeriksaan ini mengikuti prosedur PA-0303-76 yang berguna untuk menentukan suhu dimana aspal terlihat menyala singkat di permukaan aspal (titik nyala) sedangkan titik bakar adalah suhu pada saat terlihat nyala sekurang-kurangnya 5 detik pada permukaan aspal. Pemeriksaan dilakukan di ruangan gelap sehingga dapat segera diketahui timbulnya nyala pertama.

4. Kelarutan dalam CCL₄

Pemeriksaan ini dilakukan untuk menentukan jumlah bitumen yang larut dalam Carbon Tetra Chlorida. Jika semua bitumen yang diuji larut dalam CCL₄ maka bitumen tersebut adalah murni. Prosedur pemeriksaan mengikuti PA – 0305 – 76.

5. Berat jenis

Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat aspal dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu. Titik nyala dan titik bakar perlu diketahui untuk menentukan temperatur maksimum aspal, sehingga dalam

pemanasan aspal tidak boleh melampaui titik nyalanya. Pemanasan yang melampaui titik nyalanya atau titik bakarnya akan menyebabkan aspal terbakar sehingga akan mengakibatkan aspal menjadi keras dan getas dan apabila digunakan dalam campuran perkerasan, perkerasan akan mudah retak, kurang flexibel dan mudah pecah. Pemeriksaan berat jenis aspal mengikuti prosedur pemeriksaan PA – 0307 – 76.

6. Pemeriksaan Daktalitas (*Ductality Test*)

Pemeriksaan ini adalah untuk mengetahui sifat kohesi dalam aspal dengan mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi bitumen keras sebelum putus pada suhu dan kecepatan tertentu. Aspal dengan daktalitas yang lebih besar mengikat butir-butir agregat lebih baik tetapi lebih peka terhadap perubahan temperatur. Pemeriksaan ini mengikuti prosedur PA – 0306 – 76.

5.2 Perencanaan Campuran

Perencanaan campuran meliputi kegiatan sebagai berikut ini :

1. Perencanaan gradasi agregat campuran

Gradasi agregat yang digunakan pada campuran aspal beton mengacu pada spesifikasi dari Bina Marga, 1987 seperti pada tabel 3.4. Tahapan persiapan dalam pengujian ini adalah menentukan ukuran gradasi agregat untuk campuran aspal beton. Dalam penentuan gradasi agregat hendaknya mengikuti sifat-sifat alamiah dari batuan. Hal ini penting untuk mengetahui perilaku campuran yang akan

dibuat. Persentase dari agregat kasar pada campuran aspal beton berkisar antara 30% - 55 %.

1. Kadar Aspal

Kadar aspal dalam penelitian ini dipergunakan 5 variasi kadar aspal dengan kenaikan persentase 0,5 %, yaitu 6%, 6,5 %, 7 %, 7,5 % dan 8 % dari berat total campuran.

2. Bahan Tambah

Bahan tambah yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Sulfur. Kadar sulfur yang digunakan pada penelitian ini yaitu sebanyak 0,3 % dari berat total campuran.

5.3 Pengujian Campuran

Pengujian dilakukan pada benda uji yang telah dibuat sesuai dengan perencanaan campuran yang ditetapkan dengan menggunakan peralatan yang tersedia di laboratorium kemudian diuji dengan test *Marshall*, adapun yang terkait dengan pengujian campuran adalah sebagai berikut ini.

1. Pembuatan Benda Uji

Berat total campuran satu jenis benda uji adalah 1200 gram, yang terdiri dari aspal, agregat dan filler serta bahan tambah untuk campuran yang memakai sulfur. Benda uji dibuat sebanyak 3 buah untuk masing-masing variasi sampelnya, dengan perincian sebagai berikut :

1. Mencari kadar aspal optimum (6%, 6,5%, 7%, 7,5%, 8%) = 5 x 3 = 15 buah
2. Benda uji pada KAO dengan interval temperatur pemadatan 15% :
 - a. Campuran tanpa sulfur = 5 x 3 = 15 buah
 - b. Campuran dengan sulfur = 5 x 3 = 15 buah
3. Pengujian perendaman pada KAO dengan variasi temperatur pemadatan 80°, 95°, 110°, 125°, 140° :
 - a. Campuran tanpa sulfur = 5 x 3 = 15 buah
 - b. Campuran dengan sulfur = 5 x 3 = 15 buah

Jadi total benda uji yang akan diuji adalah sebanyak 75 buah.

Contoh perhitungan pembuatan benda uji adalah sebagai berikut :

Perhitungan :

- a. Berat total campuran agregat : Aspal + Agregat + Aditif = 1200 gr
- b. Berat Aspal = 6 % x 1200 = 72 gr
- c. Berat Agregat = 1200 - 72 = 1128 gr

Sedangkan aspal yang dibutuhkan untuk setiap benda uji adalah sebagai berikut:

- a. Kadar aspal 6 % dibutuhkan aspal 6 % x 1200 = 72 gr
- b. Kadar aspal 6,5 % dibutuhkan aspal 6,5 % x 1200 = 78 gr
- c. Kadar aspal 7 % dibutuhkan aspal 7 % x 1200 = 84 gr
- d. Kadar aspal 7,5 % dibutuhkan aspal 7,5 % x 1200 = 90 gr
- e. Kadar aspal 8 % dibutuhkan aspal 8 % x 1200 = 96 gr

Tahapan pembuatan benda uji antara lain sebagai berikut:

1. Agregat dibersihkan dari kotoran yang menempel dan dikeringkan sampai diperoleh berat tetap pada suhu $105 \pm 5^\circ \text{C}$. Agregat tersebut kemudian disaring secara kering kedalam fraksi yang dikehendaki.
2. Penimbangan untuk setiap fraksi dilakukan agar mendapat gradasi agregat ideal pada suatu takaran campuran.
3. Agregat yang telah ditimbang selanjutnya dimasukkan ke dalam panci, kemudian dipanaskan dalam oven. Setelah suhunya dianggap cukup agregat dipanaskan diatas kompor/pemanas sampai pada suhu diatas 165°C , sedangkan aspal dipanaskan hingga mencapai suhu 155°C .
4. Setelah agregat dan aspal mencapai suhu yang dikehendaki, dilakukan pencampuran kedua bahan tersebut dengan prosentase kadar aspal yang telah direncanakan.
5. Mengaduk campuran tersebut hingga rata sampai semua agregat terselimuti aspal. Kemudian benda uji dimasukan kedalam silinder cetakan yang sebelumnya silinder tersebut dipanasi di dalam oven dan diolesi *vaselin*, kemudian bagian atas maupun bawah dari silinder cetak benda uji diberi kertas saring dan diberi tanda.
6. Setelah campuran benda uji dimasukkan kedalam silinder cetakan campuran ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali, lima belas kali ditepi silinder dan sepuluh kali dibagian tengahnya.

7. Pemadatan dilakukan dengan *compactor* manual masing-masing sebanyak 75 kali untuk bagian atas dan bawah.
8. Benda uji didinginkan, selanjutnya dikeluarkan dari silinder cetakan dengan *ekstruder* diberi kode pada setiap permukaan benda uji.

2. Peralatan Pengujian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Transportasi Jurusan Teknik Sipil UII. Alat-alat yang digunakan selama penelitian adalah :

1. Cetakan benda uji, lengkap dengan plat atas dan leher sambung.
2. Mesin penumbuk manual maupun elektrik.
3. Alat untuk mengeluarkan benda uji (*ejektor*).
4. Alat *Marshall* lengkap, yaitu :
 - a. Kepala penekan (*breaking head*) berbentuk lengkung
 - b. Cincin penguji (*proving ring*), dan
 - c. Arloji pengukur alir (*flow*)
 - d. Oven
5. Bak perendam (*water bath*) dilengkapi dengan pengatur suhu, mulai suhu 20°C - 60°C.
6. Timbangan.
7. Pengukur suhu dari logam (*metal thermometer*)
8. Perlengkapan lain-lain, yaitu :
 - a. Panci / kuafi,
 - b. Sendok pengaduk dan satula,

- c. Kompor pemanas (*hot plate*).
- d. Kantong plastik, gas elpiji, dan
- e. Sarung tangan asbes dan karet.

3. Cara Pengujian

Cara pengujian benda uji dilakukan sebagai berikut :

1. Benda uji direndam dalam bak perendam (*water bath*) selama ± 30 menit dengan suhu perendaman 60°C .
2. Untuk pengujian *Immersion test*, benda uji direndam dalam bak perendam (*water bath*) selama ± 24 jam dengan suhu perendaman 60°C .
3. Kepala penekan alat *Marshall* dibersihkan dan permukaannya dilumuri dengan *vaselin* agar benda uji mudah dilepaskan. Benda uji diletakkan pada alat *Marshall* segera setelah benda uji dikeluarkan dari *water bath*.
4. Pembebanan dimulai dengan posisi jarum diatur sehingga menunjukkan angka nol, sementara selubung arloji dipegang kuat terhadap bagian atas kepala penekan.
5. Kecepatan pembebanan dimulai dengan 50 mm/menit hingga pembebanan maksimum tercapai, yaitu pada saat arloji pembebanan berhenti dan menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum ukur. Pembebanan maksimum yang terjadi pada *flow meter* dibaca saat itu.

4. Anggapan Dasar

Penelitian ini akan diperoleh hasil pengaruh variasi temperatur pemadatan dibawah temperatur pemadatan standar (140°C) terhadap stabilitas, *flow*, VITM,

VFWA dan *Marshall Qoutient* berdasarkan spesifikasi yang disyaratkan untuk campuran aspal beton. Sedangkan penambahan sulfur akan dapat meningkatkan nilai-nilai *Marshall*.

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini dianggap dalam keadaan standar. Selain itu variasi di dalam pekerjaan pembuatan benda uji dianggap relatif kecil atau dapat diabaikan. Bahan-bahan untuk penelitian ini, seperti agregat dan aspal dianggap memiliki kualitas yang homogen, seperti pada hasil pengujian bahan.

5.4 Analisis

Setelah pengujian *Marshall* dilakukan, dilanjutkan dengan analisis data yang diperoleh. Analisis yang dilakukan adalah untuk mendapatkan nilai-nilai *Marshall* guna mengetahui karakteristik campuran sehingga didapat kadar aspal optimum.

Data yang diperoleh dari percobaan dilaboratorium aalah sebagai berikut:

1. Berat benda uji sebelum direndam (gram).
2. Berat benda uji didalam air (gram).
3. Berat benda uji dalam keadaan jenuh air (gram).
4. Tebal benda uji (mm)
5. Pembacaan arloji stabilitas (lbs)
6. Pembacaan arloji keelechan atau *flow* (mm)

Untuk mendapatkan nilai VITM (*Void In The Mix*), VFWA (*Void Filled With Asphalt*), Stabilitas (*Stability*), dan *Marshall Quotient* (MQ), diperlukan data-data antara lain:

1. Berat Jenis aspal = (*Berat Volume*)
2. Berat Jenis agregat, dan
3. Berat Jenis teoritis campuran

Berat jenis agregat merupakan gabungan dari berat jenis agregat kasar, agregat halus dan filler. Untuk memperoleh nilai berat jenis tersebut digunakan persamaan berikut :

$$BJ \text{ agregat} = \frac{100}{(A/F1) + (B/F2)}$$

dengan:

A = Prosentase agregat kasar, F1 = Berat jenis agregat kasar

B = Prosentase agregat halus, F2 = Berat jenis agregat halus

Data hasil perhitungan diatas dipergunakan untuk mencari nilai-nilai dari karakteristik *Marshall* sebagai berikut ini :

1. Stabilitas

Nilai stabilitas benda uji diperoleh dari pembacaan arloji stabilitas pada saat pengujian *Marshall*. Hasil tersebut dicocokkan dengan angka kalibrasi *profing ring* dengan satuan lbs atau kilogram, dan masih harus dikoreksi dengan faktor koreksi yang dipengaruhi oleh tebal benda uji seperti pada tabel 5.1. Nilai stabilitas sesungguhnya diperoleh dengan persamaan :

$$S = F(p, k, t)$$

dengan :

S : stabilitas campuran (lbs,kg)

p : nilai pembacaan arloji stabilitas pada alat *Marshall* (lbs)

k : kalibrasi proving ring pada alat *Marshall*

t : koreksi tebal benda uji

Tabel 5.1 koreksi tabel benda uji

TEBAL (mm)	ANGKA KOREKSI	TEBAL (mm)	ANGKA KOREKSI
60	1,095	70	0,845
61	1,065	71	0,835
62	1,035	72	0,825
63	1,015	73	0,810
64	0,960	74	0,791
65	0,935	75	0,772
66	0,900	76	0,762
67	0,885	77	0,752
68	0,865	78	0,742
69	0,855	79	0,733
70	0,845	80	0,724

Sumber : Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, FTSP, UHI

2. Kelelahan (*Flow*)

Flow menunjukkan deformasi benda uji akibat pembebanan (sampai beban batas). Nilai ini langsung dapat dibaca dari pembacaan arloji kelelahan (*flow*) saat pengujian *Marshall*. Nilai *flow* pada arloji dalam satuan *mch*, maka harus dikonversikan dalam satuan milimeter.

3. VFWA (*Void Filled With Asphalt*)

Nilai ini menunjukkan prosentase rongga campuran yang berisi aspal. Nilai VFWA dihitung dengan persamaan :

$$\text{VFWA} = 100 \cdot (i/l)$$

$$b = \{ a / (100 + a) \} \cdot 100$$

$$i = (b \cdot g) / \text{BJ aspal}$$

$$j = \{ (100 - b) \cdot g \} / \text{BJ agregat}$$

$$l = 100 - j$$

dengan :

a = Prosentase aspal terhadap batuan (%)

b = Prosentase aspal terhadap campuran (%)

i dan j = Rumus substitusi

g = Berat isi benda uji.

l = Prosentase rongga terhadap agregat

4. VITM (*Void In The Mix*)

Void in The Mix adalah prosentase rongga dalam campuran. Nilainya dihitung dengan persamaan :

$$VITM = 100 \cdot (100 - g/h)$$

$$h = \frac{100}{[(\% \text{ agregat} / \text{BJ agregat}) + (\% \text{ aspal} / \text{BJ aspal})]}$$

dengan :

h = Berat jenis teoritis campuran

5. MQ (*Marshall Quotient*)

Nilai *Marshall Quotient* diperoleh dengan persamaan :

$$MQ = S / R$$

dengan :

MQ = Marshall Quotient

S = Nilai stabilitas

R = Nilai kelelahan (*flow*)

6. Indeks Perendaman (IP)

Uji perendaman bertujuan untuk mengetahui perubahan karakteristik campuran akibat dari pengaruh air, suhu dan cuaca. Pengujian ini mempunyai prinsip yang sama dengan pengujian *Marshall* standar, hanya dengan waktu perendaman yang berbeda. Uji perendaman pada penelitian ini dilakukan selama 30 menit dan 24 jam dalam suhu konstan 60°C sebelum pembebanan diberikan. Uji perendaman ini mengacu pada AASTHO T.165-82 atau ASTM D.1075-76. Nilai indeks perendaman dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Index of retained strength} = \frac{S_2}{S_1} \times 100\%$$

dengan :

S_2 = Nilai stabilitas campuran yang direndam 24 jam

S_1 = Nilai stabilitas campuran biasa

Apabila indeks tahanan kekuatan ≥ 75 % campuran tersebut dapat dikatakan memiliki tahanan kekuatan yang cukup memuaskan dari kerusakan oleh air, suhu dan cuaca.

Setelah dilakukan analisis dari pengujian *Marshall*, dan didapat nilai-nilai karakteristik *Marshall*, dibuat grafik hubungan antara kadar aspal terhadap nilai karakteristik tersebut. Berdasarkan grafik dan perbandingan terhadap spesifikasi yang disyaratkan oleh Bina Marga, ditentukan kadar aspal optimum campuran.

5.5 Kesulitan dan Penyelesaiannya

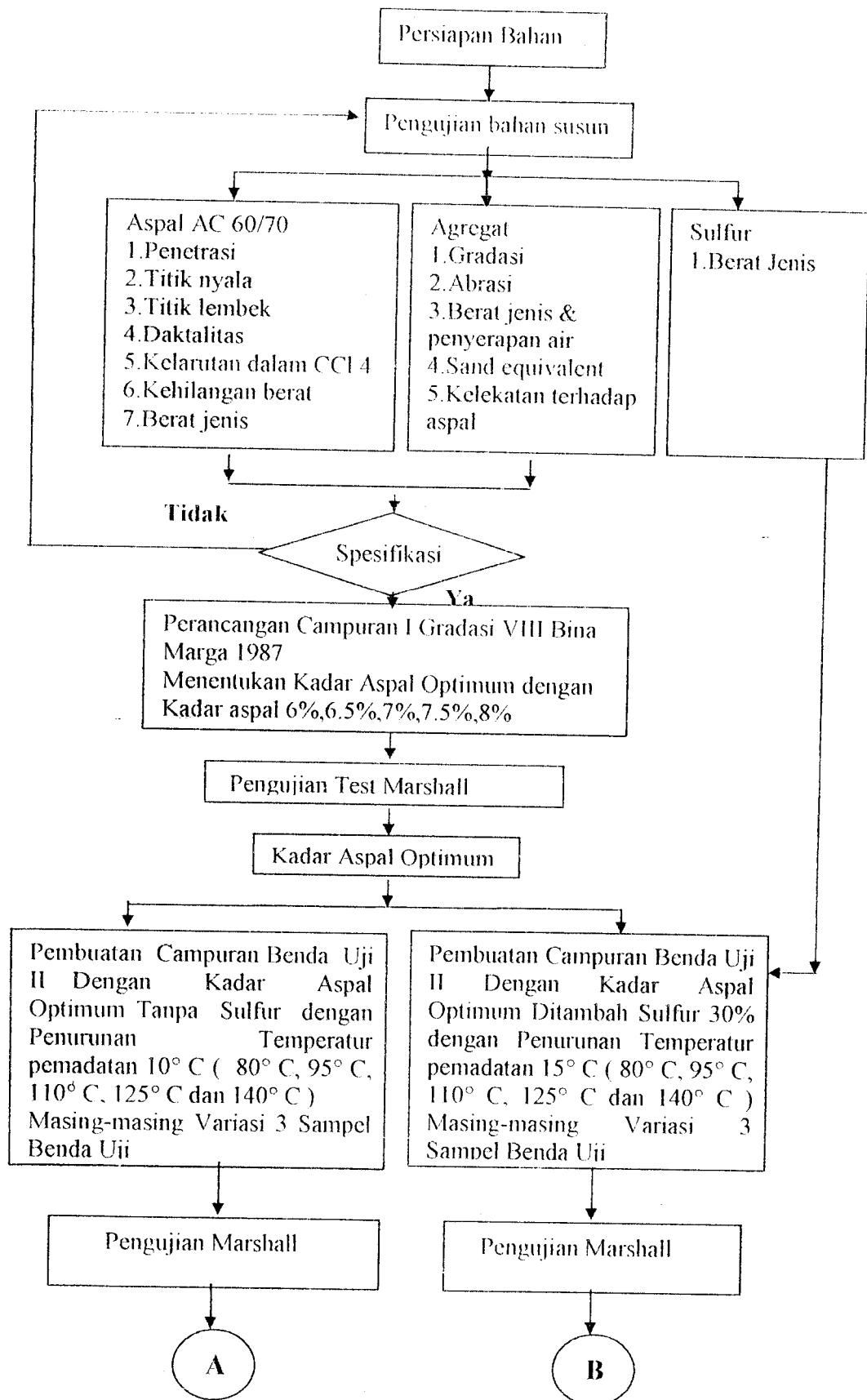
Penelitian yang dilakukan di laboratorium ini tidak terlepas dari kesulitan-kesulitan yang mempengaruhi jalannya penelitian. Apalagi penelitian yang dilakukan ini kualitas akhir diperoleh dari variasi temperatur pematatannya.

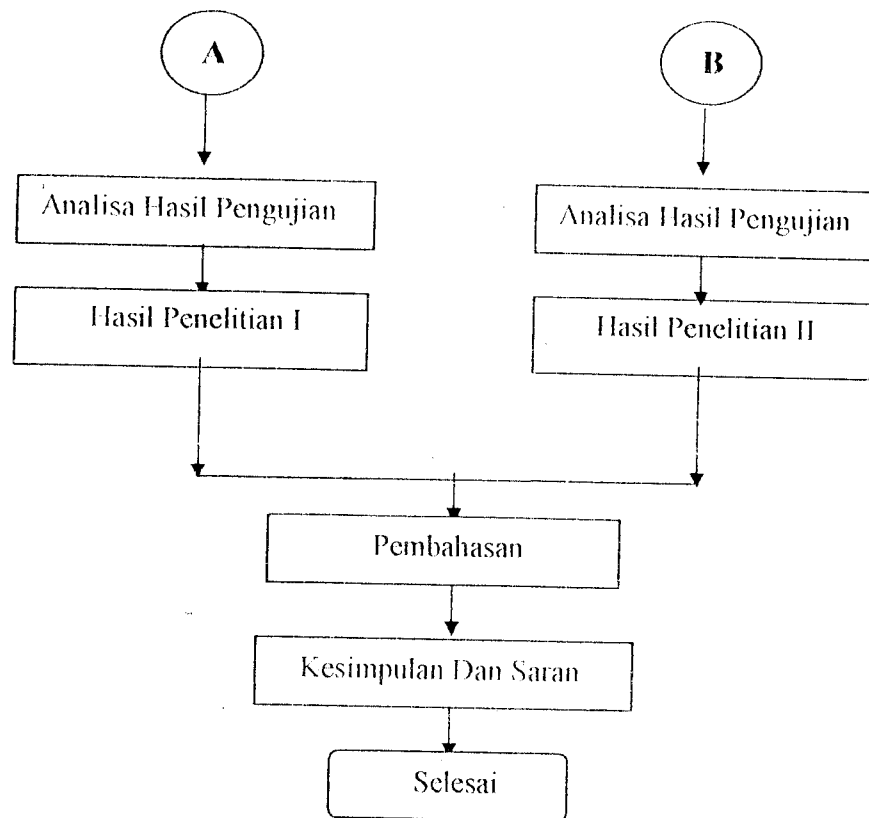
Pertama, sulitnya untuk memperoleh temperatur pematatan yang diinginkan setelah dilakukan pencampuran, karena penurunan temperatur pematatan tidak selalu merata pada seluruh permukaannya. Untuk itu cara mengatasinya adalah setelah benda uji dicampur, kemudian dimasukan kedalam mold dan thermometer dimasukan sampai setengah kedalamannya. Penurunan temperatur ditunggu sampai pada temperatur yang diinginkan.

Kedua, sulitnya mempertahankan temperatur pemadatan yang diinginkan. Berhubung selama proses pemadatan temperatur terus menurun. Untuk itu cara mengatasinya adalah dengan menggunakan alat pengatur panas pada pemanasan cetakan yaitu dengan memanasi mold terlebih dahulu kedalam oven, sehingga diperoleh temperatur campuran yang konstan sesuai rencana. Untuk selanjutnya pengukuran temperatur saat pemanasan bahan, pencampuran dan pemadatan harus sering dilakukan.

5.6 Bagan Alir Penelitian

Pada penelitian ini proses penelitian meliputi pengujian bahan, sampel (benda uji), pembuatan dan pengujian benda uji dengan langkah-langkah pelaksanaan seperti pada gambar berikut :





Gambar 5.1 Bagan Alir Penelitian

BAB VI

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1.1 Hasil Penelitian Laboratorium

Dari hasil pemeriksaan bahan serta campuran aspal beton dengan dan tanpa sulfur dengan cara *Marshall* diperoleh hasil sebagai berikut ini :

1.1.1 Hasil Pemeriksaan Bahan

Hasil pemeriksaan terhadap bahan yang digunakan untuk campuran aspal beton diperoleh hasil seperti pada tabel 6.1, tabel 6.2 dan tabel 6.3 dibawah ini :

Tabel 6.1 Spesifikasi dan Hasil pemeriksaan Agregat Kasar

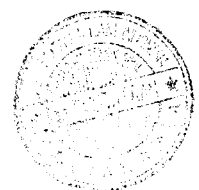
No	Pengujian	Syarat	Hasil
1.	Keausan dengan Mesin Los Angeles	$\leq 40 \%$	29.42 %
2.	Kelekatan terhadap aspal	$\geq 95 \%$	98 %
3.	Penyerapan terhadap air	$\leq 3 \%$	1.64 %
4.	Berat jenis semu	$\geq 2,5$	2.74

Sumber : Hasil Pemeriksaan di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII

Tabel 6.2 Spesifikasi dan Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

No	Pengujian	Syarat	Hasil
1.	<i>Sand Equivalent</i>	$\geq 50 \%$	80 %
2.	Penyerapan terhadap air	$\leq 3 \%$	1.626 %
3.	Berat jenis semu	$\geq 2,5$	3.145

Sumber : Hasil Pemeriksaan di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII



Tabel 6.3 Spesifikasi dan Hasil Pemeriksaan Aspal Keras AC 60/70

No	Pengujian	Syarat	Hasil
1.	Penetrasi (25°C, 5 detik)	60 – 79 mm	65 mm
2.	Titik lembek (Ring and Ball)	48 – 58 °C	52 °C
3.	Titik nyala (Cleve Open Cupl)	≥ 200 °C	340 °C
4.	Daktalitas (25°C, 5 cm/menit)	≥ 100 cm	165 cm
5.	Kelarutan dalam CCL ₄	≥ 99	98.636
6.	Berat jenis	≥ 1.0	1.00

Sumber : Hasil Pemeriksaan di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII

1.1.2 Hasil Pengujian Benda Uji

Data hasil pengujian *Marshall* untuk campuran aspal beton terhadap variasi kadar aspal diperoleh nilai-nilai dari Stabilitas, *Flow*, VITM, VFWA dan *Marshall Qoutient* yang kemudian dibandingkan dengan persyaratan dari Bina Marga didapat kadar aspal optimum campuran.

Tabel 6.4 Hasil pemeriksaan *Marshall Test* untuk mencari KAO

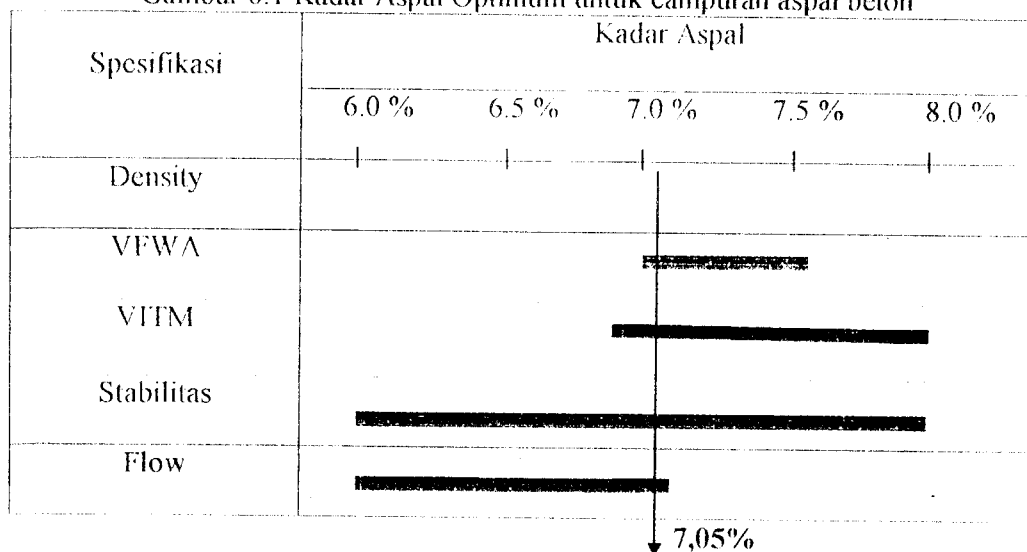
Kadar Aspal (%)	Stabilitas (Kg)	<i>Flow</i> (mm)	VITM (%)	VFWA (%)	QM (Kg/mm)
6	1723.580	5.70	7.973	63.679	420.664
6.5	2543.110	5.15	6.038	71.755	568.032
7	2175.260	3.975	5.493	75.946	347.344
7.5	1461.63	2.45	5.014	77.907	603.668
8	1344.585	4.367	3.479	86.309	290.471

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII

Data dari hasil pengujian ini kemudian digunakan untuk menentukan kadar aspal optimum campuran aspal beton. Kadar aspal optimum adalah jumlah aspal yang digunakan dalam campuran agar dapat mencapai persyaratan stabilitas, *flow*, VITM, VFWA dan *density*.

Penentuan kadar aspal optimum pada campuran menggunakan metode Bina Marga (1987). Nilai kadar aspal optimum diperoleh dengan cara menggambarkan rentang kadar aspal yang memenuhi spesifikasi berdasarkan nilai stabilitas (≥ 550 kg), *flow* (2mm – 4mm), VITM (3% - 5%), VFWA (75% – 82 %) dan *density*. Nilai-nilai tersebut diambil dari nilai rata-rata masing-masing kadar aspal pada tabel 6.1. Berdasarkan garis yang telah diplotkan pada gambar spesifikasi kadar aspal, dicari batas terdalam dari kanan dan dari kiri garis tersebut. Nilai tengah diantara kedua batas tersebut merupakan kadar aspal optimum.

Gambar 6.1 Kadar Aspal Optimum untuk campuran aspal beton



Berdasarkan gambar 6.1 diatas, kadar aspal optimum untuk campuran aspal beton adalah sebesar 7,05% . Hasil ini dipakai dalam pembuatan benda uji kedua yang dilakukan terhadap variasi temperatur pemadatan pada campuran dengan dan tanpa ditambah sulfur.

Pengujian yang dilakukan untuk masing-masing campuran adalah pengujian *Marshall*. Hasil Pengujian *Marshall* tersebut dapat dilihat pada tabel 6.5, tabel 6.6, tabel 6.7 dan tabel 6.8 sebagai berikut :

Tabel 6.5 Hasil pemeriksaan *Marshall* terhadap penurunan temperatur pemadatan optimum untuk campuran aspal beton tanpa sulfur

Temperatur Pemadatan (°C)	Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	VITM (%)	VFWA (%)	QM (Kg/mm)
140	1909.715	3.55	5.991	70.467	428.659
125	1255.425	3.850	10.046	59.316	317.17
110	1097.16	4.40	9.962	61.223	333.054
95	758.38	5.133	12.463	56.557	167.727
80	475.39	5.233	15.554	51.578	90.667

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII

Tabel 6.6 Hasil pemeriksaan *Marshall* terhadap penurunan temperatur pemadatan optimum untuk campuran aspal beton dengan sulfur

Temperatur Pemadatan (°C)	Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	VITM (%)	VFWA (%)	QM (Kg/mm)
140	909.675	4.825	7.04	66.742	174.199
125	953.705	5.25	7.237	67.783	167.761
110	861.815	5.15	8.299	65.928	149.684
95	753.690	5.925	7.698	66.543	99.042
80	482.715	6.35	9.130	63.495	77.069

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UH

Tabel 6.7 Hasil pemeriksaan *Marshall* terhadap penurunan temperatur pemadatan optimum untuk campuran aspal beton tanpa sulfur dengan perendaman

Temperatur Pemadatan (°C)	Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	VITM (%)	VFWA (%)	QM (Kg/mm)
140	1794.94	3.73	6.559	68.398	450.591
125	876.685	5.53	8.942	62.449	146.043
110	681.615	5.77	11.927	54.449	102.634
95	511.765	6.47	12.638	56.459	77.234
80	475.45	7.90	12.420	58.122	60.142

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UH

Tabel 6.8 Hasil pemeriksaan *Marshall* terhadap penurunan temperatur pemadatan optimum untuk campuran aspal beton dengan sulfur dengan perendaman

Temperatur Pemadatan (°C)	Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	VIM (%)	VFA (%)	QM (Kg/mm)
140	1055.965	3.97	5.995	72.101	255.223
125	951.280	5.30	6.421	70.431	186.699
110	914.175	4.55	6.785	70.089	176.435
95	756.420	4.40	5.843	72.497	177.912
80	738.035	5.40	6.466	74.199	133.175

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII

6.2 Pembahasan

6.2.1 Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan untuk menahan deformasi akibat menerima beban lalu lintas tanpa terjadinya perubahan bentuk seperti gelombang dan alur. Nilai stabilitas yang tinggi menunjukkan bahwa perkerasan tersebut mampu menahan beban lalu lintas yang besar.

Pada pengujian *Marshall* di laboratorium, stabilitas adalah kemampuan campuran aspal beton untuk menerima beban sampai terjadinya kelelahan plastis yang dinyatakan dalam kilogram atau pound. Beberapa hal yang mendukung stabilitas adalah suhu pemadatan, gradasi agregat, bentuk dan tekstur permukaan butiran serta kadar dan jenis aspal yang digunakan.

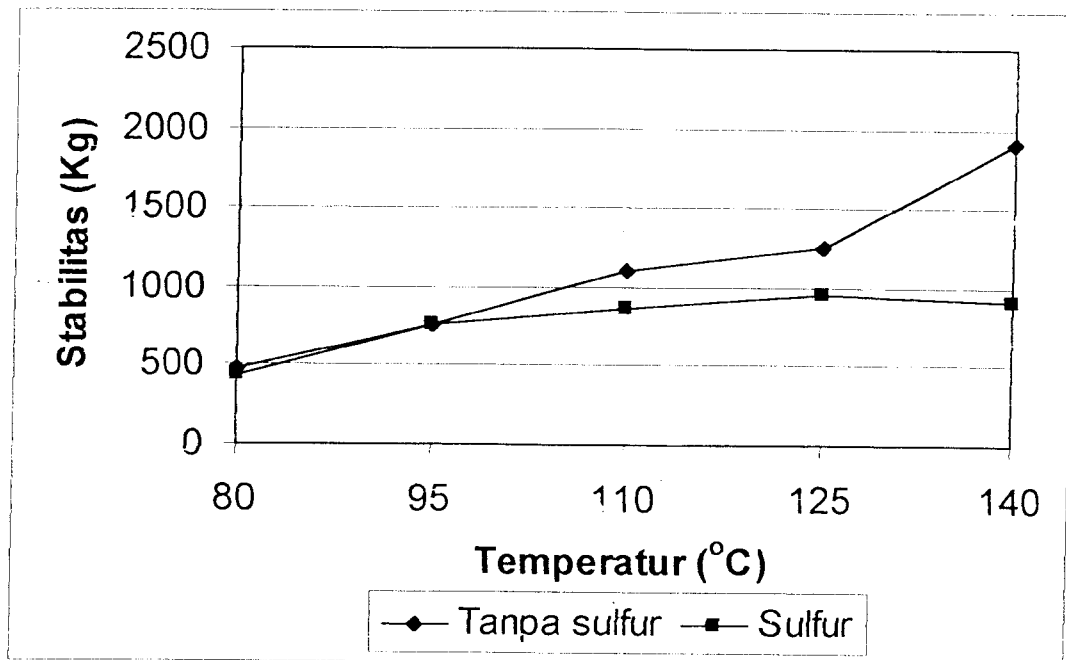
Stabilitas yang tinggi juga dicerminkan oleh adanya kerapatan campuran yang tinggi. Sedangkan kerapatan yang tinggi dapat tercapai apabila campuran dipadatkan pada temperatur pemadatan yang tinggi, karena pada temperatur yang tinggi nilai viskositas aspal rendah sehingga mudah untuk menyelimuti dan mengikat agregat sewaktu dipadatkan sehingga campuran yang dihasilkan menjadi sangat rapat.

Dari hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai stabilitas seperti terdapat pada tabel 6.9 dan gambar 6.2 berikut :

Tabel 6.9 Nilai Stabilitas Hasil Pengujian *Marshall* Standar

	Jenis Campuran	Satuan	Temperatur (° C)				
			80	95	110	125	140
Nilai Stabilitas	Aspal Tanpa Sulfur	Kg	475.39	758.38	1097.16	1255.425	1909.72
	Aspal Dengan Sulfur	Kg	428.715	753.690	861.815	953.705	909.675

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII



Gambar 6.2 Grafik hubungan antara variasi temperatur pemadatan dengan Stabilitas

Berdasarkan gambar 6.2 terlihat nilai stabilitas semakin naik dengan semakin tingginya temperatur pemadatan baik campuran dengan sulfur maupun campuran tanpa sulfur. Hal ini disebabkan karena jika temperatur rendah maka viskositas aspal sudah tinggi sehingga aspal sulit untuk menyelimuti dan mengikat agregat, ikatan antara agregat menjadi berkurang dan kerapatan campuran menurun menyebabkan stabilitas menurun. Setelah temperatur dinaikan terlihat stabilitas pada kedua campuran mengalami kenaikan dan naik terus berlanjut sampai temperatur pemadatan 140°C , dimana nilai stabilitas tertinggi pada campuran tanpa sulfur sebesar 1909.72 Kg dan nilai stabilitas tertinggi campuran dengan sulfur sebesar 953.705 Kg.

Nilai stabilitas pada kedua campuran semuanya mengalami kenaikan, tetapi nilai stabilitas yang terjadi pada campuran yang memakai sulfur lebih rendah dibanding campuran yang tidak memakai sulfur. Ini berbeda dengan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Setyaheni (1993) dan Mulyono, AT (1999) yang menyatakan bahwa penggunaan sulfur dapat menaikkan nilai stabilitas campuran aspal beton dibandingkan dengan campuran yang tidak menggunakan bahan tambah sulfur. Sedangkan pada penelitian ini, campuran aspal beton yang ditambahkan sulfur sebagai bahan tambah memiliki nilai stabilitas yang lebih rendah dibandingkan campuran aspal beton yang tidak menggunakan sulfur. Hal ini disebabkan karena sulfur baru akan naik viskositasnya pada temperatur antara 159°C sampai dengan 200°C, sedangkan pada penelitian ini temperatur pemadatan yang digunakan adalah 80°C-140°C. Pada temperatur 80°C campuran dengan menggunakan sulfur dan campuran tanpa sulfur stabilitasnya tidak memenuhi standar yang ditetapkan Bina Marga (1987). Hal tersebut disebabkan karena pada temperatur 80°C, aspal sudah mengental sehingga tidak dapat menyelimuti agregat dengan sempurna. Pada temperatur 90°C sampai dengan temperatur 140°C, stabilitas campuran sudah memenuhi standar Bina Marga 1987, yaitu diatas 550 kg.

6.2.2. Flow

Kelelehan plastis (*Flow*) adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam satuan panjang (mm).

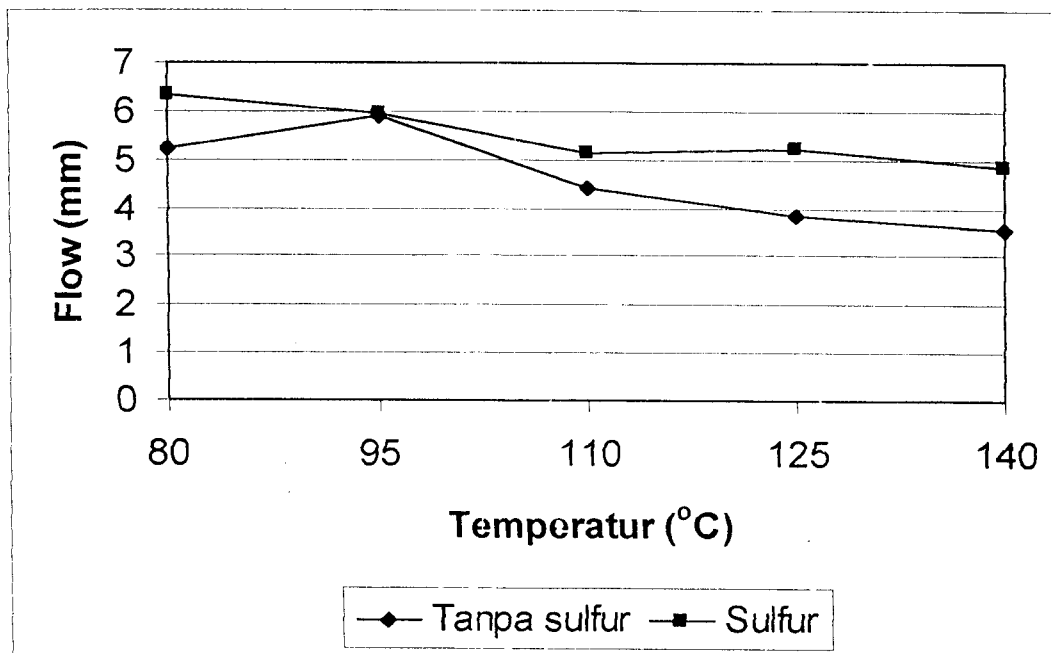
Flow menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada konstruksi perkerasan. Campuran yang memiliki *flow* yang rendah dan stabilitas yang tinggi menunjukkan bahwa campuran tersebut bersifat kaku. Sebaliknya nilai *flow* yang tinggi menunjukkan campuran bersifat plastis dan mudah mengalami perubahan bentuk akibat beban lalu lintas.

Dari hasil pengujian di laboratorium terhadap nilai *flow*, diperoleh hasil seperti pada tabel 6.10 dan gambar 6.3 berikut ini :

Tabel 6.10 Nilai Flow Hasil Pengujian *Marshall* Standar

	Jenis Campuran	Satuan	Temperatur (° C)				
			30	95	110	125	140
Nilai Flow	Aspal Tanpa Sulfur	mm	5.233	5.90	4.40	3.850	3.55
	Aspal Dengan Sulfur	mm	6.35	5.925	5.15	5.25	4.825

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII



Gambar 6.3 Grafik Hubungan antara variasi temperatur pemadatan dengan *Flow*

Berdasarkan gambar 6.3, terlihat bahwa dari hasil penelitian menunjukkan bahwa kenaikan temperatur pemadatan mengakibatkan penurunan nilai *flow*, hal ini disebabkan makin tinggi temperatur pemadatan, aspal makin mudah menyusup ke rongga antar butiran agregat sehingga didapat kondisi yang kompak.

Nilai *flow* kedua campuran semuanya mengalami penurunan dan nilai terendah dicapai pada temperatur 140° C. Hal ini karena fungsi aspal sebagai bahan perekat pada temperatur dibawah 140° C belum maksimum menyelimuti permukaan agregat sehingga kekompakan dalam campuran berkurang yang dapat menyebabkan terjadinya deformasi yang lebih besar. Aspal pada temperatur pemadatan 140° C dapat berfungsi maksimal sebagai bahan perekat yang mampu menyelimuti seluruh permukaan agregat dengan baik dan memberikan kekompakan dalam campuran yang berakibat mengurangi terjadinya deformasi.

Pada semua temperatur pemadatan campuran aspal beton yang ditambah dengan sulfur memiliki nilai *flow* lebih tinggi dibandingkan dengan nilai *flow* pada campuran aspal beton yang tidak ditambah dengan sulfur. Hal ini terjadi karena campuran aspal beton dengan sulfur memiliki viskositas lebih rendah daripada campuran aspal beton tanpa sulfur, sehingga dengan viskositas yang rendah (cair) tersebut, dimungkinkan aspal akan menyelimuti agregat secara berlebihan dan menyebabkan campuran akan lebih bersifat plastis dan mudah mengalami deformasi.

Nilai *flow* pada campuran aspal beton yang tidak ditambah sulfur memiliki nilai terendah sebesar 3,55 mm dan tertinggi sebesar 5,233 mm sedangkan nilai *flow* pada campuran dengan ditambahkan sulfur memiliki nilai terendah sebesar 4,825 mm dan nilai *flow* tertinggi sebesar 6,35 mm sehingga secara umum nilai *flow* hasil penelitian tidak memenuhi persyaratan Bina Marga 1987, yaitu sebesar 2 – 4 mm, kecuali campuran beton aspal tanpa sulfur pada temperatur pemadatan 140° C, yaitu 3,55 mm.

6.2.3. Void In Total Mix (VITM)

VITM adalah banyaknya rongga yang terdapat pada suatu campuran. Nilai VITM dipengaruhi oleh gradasi agregat, temperatur pemadatan, energi pemadatan dan kadar dan jenis aspal. Nilai VITM juga berpengaruh terhadap kekedapan campuran yaitu kekedapan terhadap udara dan air. Nilai VITM yang besar menunjukkan bahwa rongga yang terjadi dalam campuran semakin besar, akibatnya aspal akan mudah teroksidasi sehingga campuran bersifat getas sehingga dapat

mengurangi sifat keawetan terhadap pengaruh air dan udara. Dalam campuran harus tersedia cukup rongga yang terisi udara yang fungsinya untuk menyediakan ruang gerak bagi unsur-unsur dalam campuran sesuai dengan keelastisan bahan penyusunnya. Sebaliknya apabila nilai VITM makin kecil berarti campuran tersebut semakin padat dan rapat dengan nilai kekakuan tinggi. Keadaan ini dapat menyebabkan terjadinya retak-retak pada lapis perkerasan, karena tidak cukup lentur untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas.

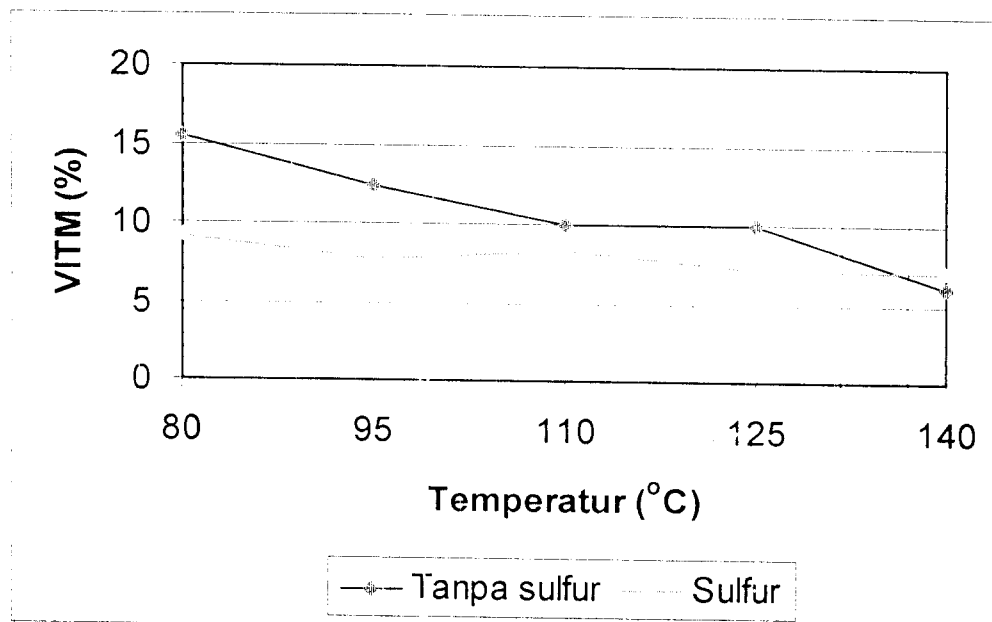
Nilai VITM yang disyaratkan oleh Bina Marga (1987) adalah 3% - 5%. Lapis Keras yang mempunyai nilai VITM kurang dari 3% akan mudah terjadi *bleeding*. Semakin tingginya temperatur perkerasan, aspal akan mudah mencair dan pada saat perkerasan menerima beban, aspal yang mencair akan mengalir diantara rongga agregat, jika dalam campuran tidak memiliki rongga yang cukup maka aspal akan naik ke permukaan perkerasan yang menyebabkan terjadinya *bleeding*. Sebaliknya nilai VITM yang lebih besar dari 5% menunjukkan bahwa rongga yang terjadi dalam campuran banyak sehingga campuran tidak rapat dan tidak kedap terhadap udara dan air, hal ini menyebabkan aspal mudah teroksidasi yang berakibat melemahnya ikatan aspal terhadap agregat.

Berdasarkan hasil penelitian didapat nilai VITM seperti terdapat pada tabel 6.11 dan gambar 6.4 berikut :

Tabel 6.11 Nilai ViTM Hasil Pengujian *Marshall* Standar

	Jenis Campuran	Satuan	Temperatur (° C)				
			80	95	110	125	140
Nilai ViTM	Aspal Tanpa Sulfur	%	15.554	12.463	9.962	10.046	5.991
	Aspal Dengan Sulfur	%	9.130	7.698	8.299	7.237	7.04

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII



Gambar 6.4 Grafik Hubungan antara variasi temperatur pemadatan dengan VITM

Berdasarkan gambar 6.4 terlihat bahwa semakin tingginya temperatur pemadatan maka nilai VITM semakin turun. Hal ini disebabkan karena rongga udara yang terbentuk/terjadi sudah berkurang oleh karena pada saat campuran

dipadatkan pada temperatur yang tinggi, aspal semakin mudah mengisi celah-celah antara butiran agregat sehingga didapat kondisi yang rapat dan kompak.

Nilai VITM campuran aspal beton menggunakan sulfur lebih rendah dibandingkan dengan campuran aspal beton tanpa sulfur. Hal ini disebabkan karena campuran yang memakai sulfur memiliki kekentalan aspal yang semakin rendah dan menyebabkan berkurangnya rongga udara yang terbentuk dalam campuran sehingga meningkatkan nilai VITM.

Berdasarkan hasil penelitian ini, nilai VITM campuran aspal beton tanpa sulfur dan nilai campuran aspal beton dengan sulfur pada setiap temperatur pemadatan tidak memenuhi persyaratan Bina Marga 1987 (3% - 5%).

6.2.4. *Void Filled With Asphalt (VFWA)*

Nilai VFWA menunjukkan banyaknya persen dari rongga yang terisi aspal. Besarnya nilai VFWA sangat berpengaruh terhadap keawetan suatu perkerasan. Untuk nilai VFWA yang besar berarti banyak rongga dalam campuran yang terisi aspal sehingga kedapatan campuran terhadap udara dan air menjadi tinggi. Akan tetapi nilai VFWA yang terlalu tinggi akan menyebabkan *Bleeding* karena rongga udara yang tersisa terlalu kecil sehingga jika perkerasan menerima beban, terutama pada saat temperatur yang tinggi dan viskositas aspal turun, maka sebagian aspal akan mengisi rongga yang kosong dan jika rongga telah penuh maka aspal akan naik ke permukaan perkerasan.

Nilai VFWA yang terlalu rendah menyebabkan kedapatan campuran menjadi berkurang karena banyaknya rongga yang kosong. Hal ini akan

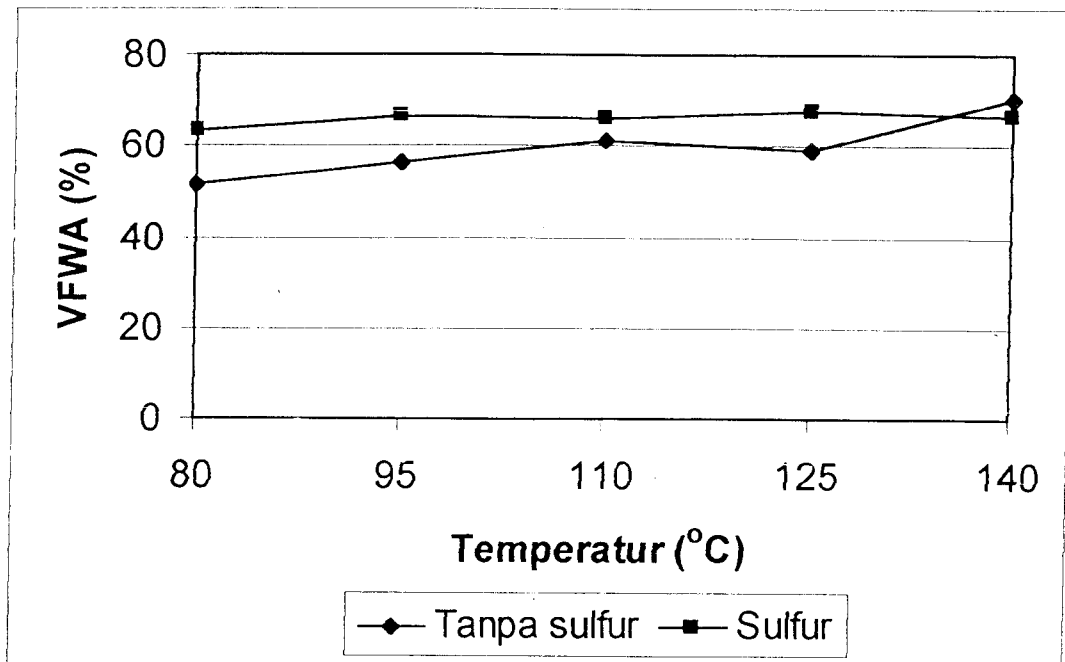
memudahkan masuknya udara dan air yang menyebabkan aspal mudah teroksidasi sehingga daya ikat dan keawetan campuran tersebut berkurang.

Hasil penelitian di laboratorium didapat nilai VFWA seperti pada tabel 6.12 dan gambar 6.5 berikut :

Tabel 6.12 Nilai VFWA Hasil Pengujian *Marshall* Standar

	Jenis Campuran	Satuan	Temperatur (° C)				
			80	95	110	125	140
Nilai VFWA	Aspal Tanpa Sulfur	%	51.578	56.557	61.223	59.316	70.467
	Aspal Dengan Sulfur	%	63.495	66.543	65.928	67.783	66.742

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII



Gambar 6.5 Grafik hubungan antara variasi temperatur pemadatan dengan VFWA

Pada gambar 6.5 terlihat bahwa semakin tinggi temperatur pemadatan maka nilai VFWA mempunyai kecenderungan semakin tinggi. Pada temperatur pemadatan yang tinggi kondisi aspal lebih mudah mengisi rongga-rongga dalam campuran, sebaliknya pada temperatur pemadatan yang rendah aspal sulit mengisi rongga-rongga dalam campuran karena pada temperatur rendah viskositas aspal tinggi.

Hasil penelitian di laboratorium diperoleh nilai VFWA campuran aspal beton tanpa sulfur lebih rendah jika dibandingkan dengan campuran aspal beton dengan sulfur. Hal ini terjadi karena campuran dengan sulfur memiliki nilai viskositas yang rendah (aspal bersifat lebih cair), sehingga kemampuan aspal untuk menyelimuti campuran menjadi lebih baik sehingga banyak rongga yang terisi aspal. Pada penelitian ini nilai VFWA untuk semua temperatur pemadatan

baik campuran tanpa sulfur dan campuran dengan sulfur memenuhi spesifikasi dari Bina Marga 1987 yaitu sebesar 75% sampai 82%.

6.2.5. *Marshall Qoutient (MQ)*

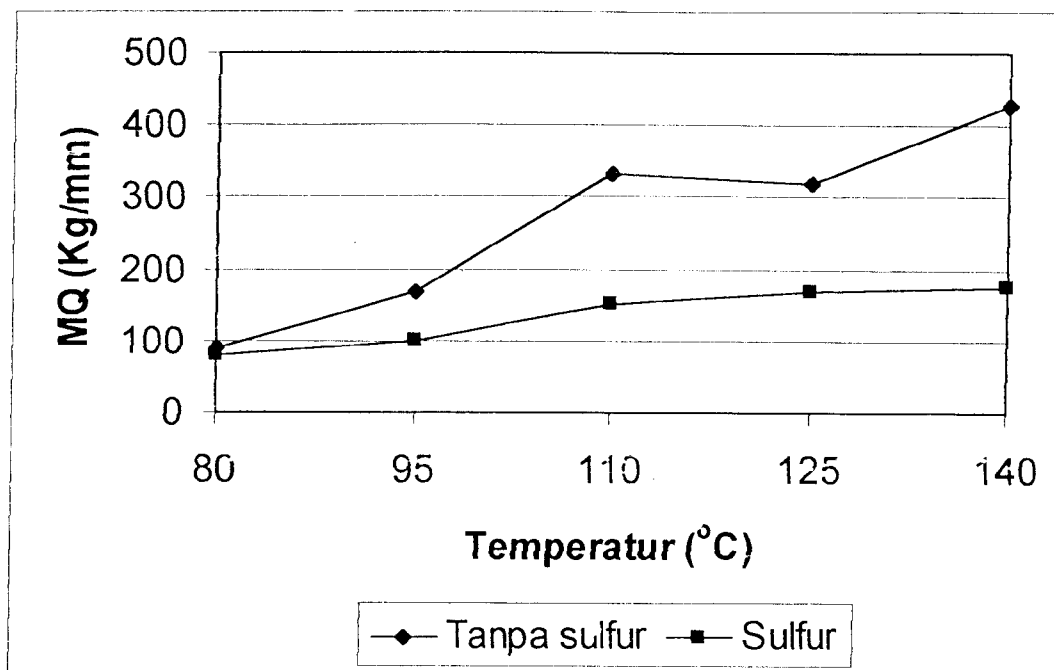
Marshall Qoutient merupakan hasil bagi antara stabilitas dan *flow* yang digunakan sebagai pendekatan terhadap tingkat kekakuan dan *fleksibilitas* dari suatu campuran. Stabilitas yang tinggi disertai dengan kelelahan yang rendah akan menghasilkan perkerasan yang terlalu kaku dan bersifat getas, sebaliknya stabilitas yang rendah dengan kelelahan yang tinggi menunjukkan campuran yang terlalu plastis yang menyebabkan perkerasan akan mengalami deformasi yang besar, bila menerima beban lalu lintas.

Hasil pengujian di laboratorium didapat nilai *Marshall Qoutient* seperti pada tabel 6.13 dan gambar 6.6 berikut :

Tabel 6.13 Nilai *Marshall Qoutient* Hasil Pengujian Marshall standar

	Jenis Campuran	Satuan	Temperatur (° C)				
			80	95	110	125	140
Nilai MQ	Aspal Tanpa Sulfur	Kg/mm	90.667	167.727	333.054	317.17	428.659
	Aspal Dengan Sulfur	Kg/mm	77.069	99.042	149.684	167.761	174.499

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII



Gambar 6.6 Grafik hubungan antara *Marshall Qoutient* dengan temperatur pemadatan

Dari gambar 6.6 terlihat bahwa variasi temperatur pemadatan akan memberikan pengaruh terhadap lapis keras. Dengan naiknya temperatur pemadatan memberikan nilai *Marshall Qoutient* yang semakin besar. Namun dengan penambahan temperatur pemadatan tidak berarti memberikan nilai yang baik pada karakteristik perkerasan, karena nilai *Marshall Qoutient* yang terlalu tinggi akan menjadikan perkerasan menjadi kaku atau getas.

Nilai *Marshall Qoutient* hasil penelitian di laboratorium menunjukkan bahwa nilai *Marshall Qoutient* campuran aspal beton tanpa sulfur lebih besar dibanding dengan campuran yang ditambahkan sulfur. Hal ini disebabkan karena pada campuran aspal beton yang tanpa sulfur, stabilitas campuran lebih tinggi karena campuran lebih kompak dan rapat akibat aspal pada campuran aspal beton

yang tanpa sulfur berfungsi maksimum sehingga dapat menyelimuti agregat dengan maksimal, sebaliknya nilai flow lebih rendah akibat nilai kekakuan campuran aspal beton yang tanpa sulfur lebih tinggi sehingga kemungkinan terjadinya deformasi lebih kecil. Nilai *Marshall Qoutient* pada campuran aspal beton yang tanpa sulfur mencapai optimum pada temperatur pemadatan 140°C dengan nilai sebesar 428,659 kg/mm, sedangkan campuran dengan sulfur belum mencapai optimum dan semakin membesar dengan nilai maksimum sebesar 174,499 kg/mm. Nilai *Marshall Qoutient* pada spesifikasi memiliki persyaratan umum sebesar 180 kg/mm – 500 kg/mm sesuai persyaratan Bina Marga/CQCMU 1987.

6.2.6. Pengujian Rendaman atau *Immersion Test*

Tujuan pengujian *Immersion* adalah untuk membandingkan nilai stabilitas antara campuran yang direndam selama 30 menit dengan nilai stabilitas campuran yang direndam selama 24 jam pada suhu 60°C yang mempunyai komposisi agregat dan kadar aspal yang sama.

Aspal beton yang direndam pada suhu 60°C selama 24 jam akan merubah karakteristik dari beton aspal itu sendiri akibat pengaruh air, suhu dan lama perendaman. Menurut peraturan Bina Marga (1987) *index of retained strength* atau indeks tahanan kekuatan minimal adalah 75 %. Contoh perhitungan indeks tahanan campuran aspal atau *index of retained strength* adalah sebagai berikut :

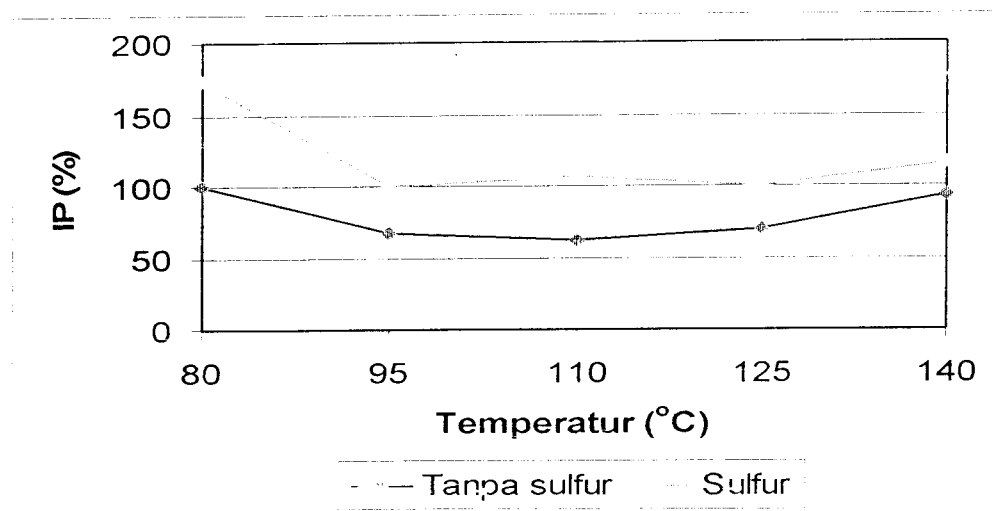
$$\frac{S_2}{S_1} \times 100 \% = \frac{475,45}{475,39} \times 100 \% = 100,01\%$$

Hasil pengujian di laboratorium didapat nilai indeks perendaman seperti pada tabel 6.14 dan gambar 6.7 berikut :

Tabel 6.14 Nilai Indeks Perendaman Hasil Pengujian Marshall standar

	Jenis Campuran	Satuan	Temperatur (° C)				
			80	95	110	125	140
Nilai IP	Aspal Tanpa Sulfur	%	100.01	67.48	62.13	69.83	93.99
	Aspal Dengan Sulfur	%	172.15	100.36	106.08	99.75	116.08

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII



Gambar 6.7 Grafik hubungan antara indeks perendaman dengan temperatur pemadatan

Dari gambar 6.7 terlihat bahwa campuran dengan Sulfur memiliki nilai Indeks perendaman lebih tinggi daripada campuran tanpa Sulfur. Hal tersebut disebabkan karena rongga yang terdapat dalam campuran dengan sulfur sedikit.

Dari gambar 6.7 terlihat bahwa campuran dengan Sulfur memiliki nilai Indeks perendaman lebih tinggi daripada campuran tanpa Sulfur. Hal tersebut disebabkan karena rongga yang terdapat dalam campuran dengan sulfur sedikit. Itu dapat dilihat pada pengujian VITM pada tabel 6.14, dimana nilai VITM campuran dengan sulfur lebih kecil daripada campuran tanpa sulfur. Dengan rongga dalam campuran yang sedikit, aspal akan sulit teroksidasi, sehingga tingkat keawetan aspal terhadap pengaruh air dan udara dapat terjaga.

Tabel 6.15 Tabel Rekapitulasi Karakteristik Marshall

Karakteristik <i>Marshall</i>		Temperatur (° C)				
		80	95	110	125	140
Stabilitas (Kg)	Tanpa Sulfur	475.39	758.38	1097.16	1255.425	1909.72
	Dengan Sulfur	428.715	753.690	861.815	953.705	909.675
Flow (mm)	Tanpa Sulfur	5.233	5.90	4.40	3.850	3.55
	Dengan Sulfur	6.35	5.925	5.15	5.25	4.825
VITM (%)	Tanpa Sulfur	15.554	12.463	9.962	10.046	5.991
	Dengan Sulfur	9.130	7.698	8.299	7.237	7.04
VFWA (%)	Tanpa Sulfur	51.578	56.557	61.223	59.316	70.467
	Dengan Sulfur	63.495	66.543	65.928	67.783	66.742
M _c (Kg/mm)	Tanpa Sulfur	90.667	167.727	333.054	317.17	428.659
	Dengan Sulfur	77.069	99.042	149.684	167.761	174.499
IP (%)	Tanpa Sulfur	100.01	67.48	62.13	69.83	93.99
	Dengan Sulfur	172.15	100.36	106.08	99.75	116.08

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII

Itu dapat dilihat pada pengujian VITM pada tabel 6.14, dimana nilai VITM campuran dengan sulfur lebih kecil daripada campuran tanpa sulfur. Dengan rongga dalam campuran yang sedikit, aspal akan sulit teroksidasi, sehingga tingkat keawetan aspal terhadap pengaruh air dan udara dapat terjaga.

6.2.7. Evaluasi Hasil Laboratorium Terhadap Spesifikasi

Dari hasil penelitian temperatur pemadatan baik pada campuran aspal beton dengan Sulfur maupun campuran aspal beton tanpa Sulfur, kemudian disesuaikan dengan spesifikasi dari Bina Marga terhadap persyaratan untuk aspal beton yang meliputi nilai stabilitas, *flow*, VITM dan VFWA menunjukkan bahwa pengaruh temperatur pemadatan pada campuran aspal beton menyebabkan perubahan nilai-nilai *Marshall* sedangkan penambahan Sulfur pada campuran aspal beton tidak dapat dijadikan parameter perencanaan untuk menentukan batasan dalam menentukan temperatur pemadatan, hal ini disebabkan karena nilai *Flow*, VITM, VFWA dan *Quotient Marshall* tidak terpenuhi.

Dari hasil penelitian terhadap campuran aspal beton tanpa sulfur dan campuran yang ditambahkan dengan sulfur, temperatur pemadatan yang masih memenuhi persyaratan Bina Marga adalah seperti terlihat pada tabel 6.15 dan 6.16 sebagai berikut :

dari Bina

Tabel 6.16 Hasil Test Marshall dengan berbagai variasi Temperatur Pemadatan campuran aspal beton dengan sulfur terhadap persyaratan

Persyaratan BINA MARGA (1987)	Variasi Temperatur Pemadatan (° C)				
	80	95	110	125	140
Stabilitas ≥ 500 kg					
Flow (2 - 4)					
VITM (3% -5%)					
VFWA (75%-82%)					
MQ (180 -500 kg/mm)					
Immersion Test (75%)					

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII

Dari tabel 6.16 di atas dapat dijelaskan bahwa temperatur pemadatan untuk campuran aspal beton dengan bahan tambah sulfur yang memenuhi persyaratan Bina Marga (1987) adalah pada temperatur pemadatan 95°C - 140°C. Hal ini berbeda dengan temperatur pemadatan standar yang terdapat pada tabel 6.16. Hal ini disebabkan karena sulfur memiliki viskositas yang lebih rendah dari aspal pada temperatur yang sama, sehingga campuran aspal beton dengan sulfur masih bisa digunakan pada temperatur pemadatan yang lebih rendah daripada temperatur pemadatan standar. Pemadatan yang dilakukan (*Breakdown Rolling*) harus sudah dilaksanakan pada rentang temperatur 95°C - 140°C, apabila pemadatan dilaksanakan dibawah temperatur tersebut akan menyebabkan terjadinya penurunan nilai-nilai *Marshall*, sehingga mutu perkerasan tidak memenuhi persyaratan. Hasil penelitian diatas memenuhi persyaratan temperatur

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan di laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII, tentang pengaruh variasi penurunan temperatur pada aspal beton dengan bahan tambah sulfur, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada kedua campuran aspal beton dengan dan tanpa sulfur untuk setiap setiap penurunan temperatur nilai stabilitas akan terus turun. Nilai stabilitas tertinggi dicapai pada temperatur 140°C dengan nilai 1909,72 Kg. Sedangkan campuran aspal beton yang ditambahkan sulfur memiliki nilai stabilitas yang lebih rendah daripada campuran aspal beton tanpa sulfur. Nilai stabilitas tertinggi pada campuran aspal beton yang ditambahkan sulfur dicapai pada temperatur 140°C dengan nilai 909,675 Kg.
2. Penurunan temperatur pemadatan mengakibatkan penurunan nilai *flow*. Campuran aspal beton yang ditambahkan sulfur memiliki nilai *flow* yang lebih tinggi daripada campuran aspal beton tanpa sulfur. Nilai *flow* tertinggi pada campuran aspal beton yang ditambahkan sulfur dicapai pada temperatur 80°C yaitu 6,35 mm, sedangkan nilai *flow* tertinggi pada campuran aspal beton tanpa sulfur dicapai pada temperatur 95°C yaitu 5,90 mm.

3. Penurunan temperatur pemadatan mengakibatkan rongga yang terdapat pada campuran aspal beton semakin sedikit. Jumlah rongga yang terdapat pada campuran aspal beton yang ditambahkan sulfur lebih sedikit jika dibandingkan dengan campuran aspal beton tanpa sulfur. Jumlah rongga optimum pada kedua campuran aspal beton dicapai pada temperatur 80°C dengan nilai 15,554% pada campuran aspal beton tanpa sulfur dan 9,130% pada campuran aspal beton yang ditambahkan sulfur.
4. Campuran aspal beton dengan sulfur memiliki jumlah rongga yang terisi aspal lebih banyak daripada campuran aspal beton tanpa sulfur, kecuali pada temperatur 140°C, dimana nilai VFWA pada campuran aspal beton tanpa sulfur adalah 70,467% sedangkan nilai VFWA pada campuran aspal beton yang ditambahkan sulfur adalah 66,742%.
5. Campuran aspal beton tanpa sulfur memiliki nilai kekakuan (MQ) lebih tinggi dibandingkan dengan campuran aspal beton yang ditambahkan sulfur. Nilai optimum MQ pada campuran aspal beton tanpa sulfur dicapai pada temperatur 140°C yaitu 428,659 Kg/mm, sedangkan pada campuran aspal beton yang ditambahkan sulfur, nilai MQ optimum dicapai pada temperatur 140°C yaitu 174,499 Kg/mm.
6. Pada pengujian rendaman, campuran aspal beton dengan sulfur memiliki tingkat keawetan terhadap air dan udara yang lebih tinggi daripada campuran aspal beton tanpa sulfur.

7. Campuran aspal beton yang ditambahkan sulfur memiliki nilai stabilitas yang lebih rendah dibandingkan campuran aspal beton yang tidak ditambahkan sulfur.
8. Campuran aspal beton yang ditambahkan sulfur memiliki nilai VITM yang lebih rendah dibandingkan campuran aspal beton yang tidak ditambahkan sulfur, kecuali pada temperatur 140°C. Nilai VFWA pada campuran aspal beton yang memakai sulfur lebih tinggi jika dibandingkan campuran aspal beton yang tidak memakai sulfur sebagai zat aditifnya.

7.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut :

1. Karena pada penelitian ini tidak meneliti sifat kimiawi dari sulfur, perlu diteliti sifat kimiawi dari sulfur untuk kemudian dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap karakteristik Marshall, agar dihasilkan nilai parameter Marshall yang lebih baik.
2. Temperatur pemadatan yang diteliti perlu lebih variatif lagi, agar dihasilkan temperatur pemadatan yang benar-benar ideal untuk proses pemadatan dilapangan.
3. Perlu dicoba penambahan sulfur lebih dari 30%, karena menurut penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Mulyono AT, penambahan sulfur lebih dari 30% akan merubah sifat fisik dari aspal.



LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

Contoh dari : Celereeng, Kulon Progo
Pekerjaan : Tugas Akhir
Jenis Agregat : -
Diterima Tgl. : 11 September 2002
Selesai Tgl. : 11 September 2002

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

No. Saringan		Berat Tertahan (gram)		Jumlah Persen (%)		Spesifikasi (%)	
mm	Inch	Tertahan	Jumlah	Tertahan	lolos	Min	max
12,7	½	0	0	0	100	100	100
4,7	#4	327,12	327,12	29	71	62	80
2,38	#8	136,88	564	50	50	44	60
0,59	#16	180,48	744,48	66	34	28	40
0,279	# 50	101,52	846	75	25	20	30
0,149	# 100	101,52	947,52	84	16	12	20
0,047	# 200	78,96	1026,48	91	9	6	12
	Pan	101,52	1128	100			
	Total	1128					

Keterangan : Kadar Aspal 6%
 $1200 \times 6\% = 72 \text{ gram}$
 $1200 - 72 = 1128 \text{ gram}$

Tanggal : 11 September 2002
Diperiksa Oleh : Yohan Eko Bawono
Widie Arifianto

Yogyakarta, 11 September 2002

Ir. Iskandar S., MT

Kepala Lab. Jalan Raya



LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

Contoh dari : Celereng, Kulon Progo

Pekerjaan : Tugas Akhir

Jenis Agregat : -

Diterima Tgl. : 11 September 2002

Selesai Tgl. : 11 September 2002

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS


No. Saringan		Berat Tertahan (gram)		Jumlah Persen (%)		Spesifikasi (%)	
mm	Inch	Tertahan	Jumlah	Tertahan	Iolos	Min	max
12,7	½	0	0	0	100	100	100
4,7	#4	323,64	323,64	29	71	62	80
2,38	#8	234,36	558	50	50	44	60
0,59	#16	178,56	736,56	66	34	28	40
0,279	# 50	100,44	837	75	25	20	30
0,149	# 100	100,44	937,44	84	16	12	20
0,047	# 200	78,12	1051,56	91	9	6	12
	Pan	100,44	1116				
	Total	1116					

Keterangan : Kadar Aspal 7%
 $1200 \times 7\% = 84 \text{ gram}$
 $1200 - 84 = 1116 \text{ gram}$

Tanggal : 11 September 2002

Diperiksa Oleh : Yohan Eko Bawono
Widie Arifianto

Yogyakarta, 11 September 2002


Ir. Iskandar S. MT
Kepala Lab. Jalan Raya



LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

Contoh dari : Celcreng, Kulon Progo

Pekerjaan : Tugas Akhir

Jenis Agregat : -

Diterima Tgl. : 11 September 2002

Selesai Tgl. : 11 September 2002

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

No. Saringan		Berat Tertahan (gram)		Jumlah Persen (%)		Spesifikasi (%)	
mm	Inch	Tertahan	Jumlah	Tertahan	lolos	Min	max
12,7	½	0	0	0	100	100	100
4,7	#4	321,9	321,9	29	71	62	80
2,38	#8	233,1	555	50	50	44	60
0,59	#16	177,6	732,6	66	34	28	40
0,279	# 50	99,9	832,5	75	25	20	30
0,149	# 100	99,9	932,4	84	16	12	20
0,047	# 200	77,7	1010,1	91	9	6	12
	Pan	99,9	1110				
	Total	1110					

Keterangan : Kadar Aspal 7,5%

$1200 \times 7,5\% = 90 \text{ gram}$

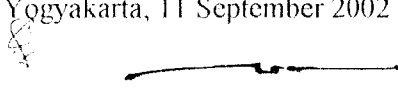
$1200 - 90 = 1110 \text{ gram}$

Tanggal : 11 September 2002

Diperiksa Oleh : Yohan Eko Bawono

Widie Arifianto

Yogyakarta, 11 September 2002


Ir. Iskandar S., MT

Kepala Lab. Jalan Raya



LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

Contoh dari : Celereng, Kulon Progo
Pekerjaan : Tugas Akhir
Jenis Agregat : -
Diterima Tgl. : 11 September 2002
Selesai Tgl. : 11 September 2002

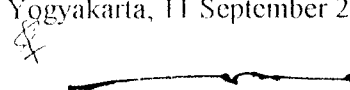
ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

No. Saringan		Berat Tertahan (gram)		Jumlah Persen (%)		Spesifikasi (%)	
mm	Inch	Tertahan	Jumlah	Tertahan	lolos	Min	max
12,7	½	0	0	0	100	100	100
4,7	#4	320,16	320,16	29	71	62	80
2,38	#8	231,84	552	50	50	44	60
0,59	#16	176,64	728,64	66	34	28	40
0,279	# 50	99,36	828	75	25	20	30
0,149	# 100	99,36	927,36	84	16	12	20
0,047	# 200	77,28	1004,64	91	9	6	12
	Pan	99,36	1104				
	Total	1104					

Keterangan : Kadar Aspal 8%
 $1200 \times 8\% = 96 \text{ gram}$
 $1200 - 96 = 1104 \text{ gram}$

Tanggal : 11 September 2002
Diperiksa Oleh : Yohan Eko Bawono
Widie Arifianto

Yogyakarta, 11 September 2002


Ir. Iskandar S., MT
Kepala Lab. Jalan Raya



LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

Contoh dari : Celereng, Kulon Progo

Pekerjaan : Tugas Akhir

Jenis Agregat : -

Diterima Tgl. : 11 September 2002

Selesai Tgl. : 11 September 2002

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS (KAO)

No. Saringan		Berat Tertahan (gram)		Jumlah Persen (%)		Spesifikasi (%)	
mm	Inch	Tertahan	Jumlah	Tertahan	Iolos	Min	max
12,7	½	0	0	0	100	100	100
4,7	#4	323,466	323,466	29	71	62	80
2,38	#8	234,234	557,70	50	50	44	60
0,59	#16	178,464	736,164	66	34	28	40
0,279	# 50	100,386	836,55	75	25	20	30
0,149	# 100	100,386	936,936	84	16	12	20
0,047	# 200	78,078	1015,014	91	9	6	12
	Pan	100,078	1115,4				
	Total	1115,4					

Keterangan : KAO 7,05%

$$1200 \times 7,05\% = 84,6 \text{ gram}$$

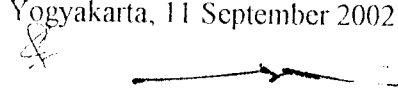
$$1200 - 84,6 = 1115,4 \text{ gram}$$

Tanggal : 11 September 2002

Diperiksa Oleh : Yohan Eko Bawono

Widie Arifianto

Yogyakarta, 11 September 2002


Ir. Iskandar S., MT

Kepala Lab. Jalan Raya




LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN
BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Contoh dari : Celereng, Kulon Progo Diperiksa Oleh :
Jenis contoh : - Yohan Eko Bawono
Diperiksa tgl. : 12 September 2002 Widie Arifianto

KETERANGAN	BENDA UJI	
	I	II
Berat benda uji dalam keadaan basah jenuh (SSD) \rightarrow (BJ)	993 gram	
Berat benda uji di dalam air \rightarrow (BA)	621 gram	
Berat sample kering oven (BK)	977 gram	
Berat jenis (BLUK) = $\frac{BK}{(BJ - BA)}$	2.62	
Berat SSD = $\frac{BJ}{(BJ - BA)}$	2.67	
Berat jenis semu = $\frac{BK}{(BK - BA)}$	2.74	
Penyerapan = $\frac{(BJ - BK)}{(BK)} \times 100 \%$	1.64 %	

Yogyakarta, 12 September 2002


Ir. Iskandar S., MT
Kepala Lab. Jalan Raya



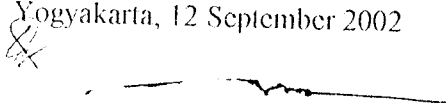
LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

**PEMERIKSAAN
BERAT JENIS AGREGAT HALUS**

Contoh dari : Celereg, Kulon Progo Diperiksa Oleh :
Jenis contoh : - Yohan Eko Bawono
Diperiksa tgl. : 12 September 2002 Widie Arifianto

KETERANGAN	BENDA UJI	
	I	II
Berat benda uji dalam keadaan basah jenuh (SSD)	500 gram	
Berat vionometer + air (B)	627.41 gram	
Berat vionometer + air + benda uji (BT)	963 gram	
Berat sample kering oven (BK)	492 gram	
Berat jenis = $\frac{BK}{(B + 500 - BT)}$	2.992	
Berat SSD = $\frac{BK}{500}$	3.041 gram	
Bj Semu = $\frac{BK}{(B + BK - BT)}$	3.145	
Penyerapan = $\frac{(500 - BK)}{(BK)} \times 100\%$	1.616 %	

Yogyakarta, 12 September 2002


Ir. Iskandar S., MT
Kepala Lab. Jalan Raya



LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT (ABRASI TEST)
A A S H T O T96 - 77

Contoh dari : Celereng, Kulon Progo Diperiksa Oleh :
Jenis contoh : - Yohan Eko Bawono
Diperiksa tgl. : 11 September 2002 Widie Arifianto

JENIS GRADASI		BENDA UJI	
SARINGAN		I	II
LOLOS	TERTAHAN		
72.2 mm (3")	63.5 mm (2.5")		
63.5 mm (2.5")	50.8 mm (2")	-	
50.8 mm (2")	37.5 mm (1.5 ")	-	
37.5 mm (1.5 ")	25.4 mm (1")	-	
25.4 mm (1")	19.0 mm (3/4")	-	
19.0 mm (3/4")	12.5 mm (0.5")	-	
12.5 mm (0.5")	9.5 mm (3/8")	-	
9.5 mm (3/8")	6.3 mm (1/4")	-	
6.3 mm (1/4")	4.75 mm (no. 4)	2500 gram	
4.75 mm (no. 4)	2.36 mm (no. 8)	2500 gram	
JUMLAH BENDA UJI (A)		5000 gram	
JUMLAH TERTAHAN DI SIEVE 12 (B)		3529 gram	
KEAUSAN = $\frac{\text{B}}{\text{A}} \times 100\%$		29.42 %	

Yogyakarta, 11 September 2002

Ir. Iskandar S., MT
Kepala Lab. Jalan Raya



LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

**PEMERIKSAAN
KELEKATAN AGREGAT TERHADAP ASPAL**


Contoh dari : Celereng, Kulon Progo Diperiksa Oleh :
Jenis contoh : - Yohan Eko Bawono
Diperiksa tgl. : 15 September 2002 Widie Arifianto

PEMANASAN SAMPLE	PEMBACAAN SUHU		PEMBACAAN WAKTU	
MULAI PEMANASAN	26	C	9.50	WIB
SELESAI PEMANASAN	140	C	9.56	WIB
DIDIAMKAN PADA SUHU RUANG				
MULAI	26	C	10.15	WIB
SELESAI	26	C	10.40	WIB
DIPERIKSA				
MULAI	26	C	10.40	WIB
SELESAI	26	C	10.42	WIB

HASIL PENGAMATAN

BENDA UJI	PROSEN YANG DISELIMUTI OLEH ASPAL
I	97 %
II	
RATA-RATA	

Yogyakarta, 15 September 2002


Ir. Iskandar S., MT
Kepala Lab. Jalan Raya




LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

**PEMERIKSAAN
BERAT JENIS ASPAL**

Contoh dari : AC 60/70 Pertamina Diperiksa Oleh :
Jenis contoh : - Yohan Eko Bawono
Diperiksa tgl. : 12 September 2002 Widie Arifianto

No.	Urutan Pemeriksaan	Berat
1.	Berat vicnometer kosong	15 gram
2.	Berat vicnometer + aquadest	26,44 gram
3.	Berat air (2 - 1)	11,44 gram
4.	Berat vicnometer + aspal	17,44 gram
5.	Berat aspal (4 - 1)	2,44 gram
6.	Berat vicnometer + aspal + aquadest	26,44 gram
7.	Berat airnya saja (6 - 4)	9,2 gram
8.	Volume aspal (3 - 7)	2,24 gram
9.	Berat jenis aspal : berat volume (5 / 8)	1,00

Yogyakarta, 12 September 2002


Ir. Iskandar S., MT
Kepala Lab. Jalan Raya



LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPAL

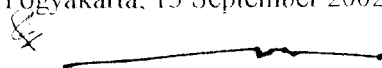
Contoh dari : AC 60/70 Pertamina Diperiksa Oleh :
Jenis contoh : - Yohan Eko Bawono
Diperiksa tgl. : 13 September 2002 Widie Arifianto

PEMANASAN SAMPLE	PEMBACAAN SUHU		PEMBACAAN WAKTU	
MULAI PEMANASAN	20	C	13.36	WIB
SELESAI PEMANASAN	54	C	13.42	WIB
DIDIAMKAN PADA SUHU RUANG				
MULAI	54	C		WIB
SELESAI	28	C		WIB
DIPERIKSA				
MULAI	20	C	13.36	WIB
SELESAI	25	C	13.42	WIB

HASIL PENGAMATAN

NO.	SUHU YG DIAMATI (°C)	WAKTU (DETIK)		TITIK LEMBEK (°C)	
		I	II	I	II
1.	5				
2.	10				
3.	15				
4.	20	70			
5.	25	80			
6.	30	70			
7.	35	65			
8.	40	45			
9.	45	55			
10.	50	80		51	52
11.	55				

Yogyakarta, 13 September 2002


Ir. Iskandar S., MT
Kepala Lab. Jalan Raya



LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

**PEMERIKSAAN
TITIK NYALA DAN TITIK BAKAR**

Contoh dari : AC 60/70 Pertamina Diperiksa Oleh :
Jenis contoh : - Yohan Eko Bawono
Diperiksa tgl. : 12 September 2002 Widie Arifianto

PEMANASAN SAMPLE	PEMBACAAN SUHU		PEMBACAAN WAKTU	
MULAI PEMANASAN	29	C		WIB
SELESAI PEMANASAN	152	C	13.40	WIB
DIDIAMKAN PADA SUHU RUANG				
MULAI	152	C	13.40	WIB
SELESAI	36	C	14.35	WIB
DIPERIKSA				
MULAI	36	C	14.35	WIB
SELESAI	342	C	15.10	WIB

HASIL PENGAMATAN

CAWAN	TITIK NYALA		TITIK BAKAR	
I	340	C	342	C
II		C		C
RATA-RATA	340	C	342	C

Yogyakarta, 13 September 2002

Ir. Iskandar S., MT
Kepala Lab. Jalan Raya



LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL

Contoh dari : AC 60/70 Pertamina Diperiksa Oleh :
Jenis contoh : - Yohan Eko Bawono
Diperiksa tgl. : 13 September 2002 Widie Arifianto

PEMANASAN SAMPLE	PEMBACAAN SUHU		PEMBACAAN WAKTU	
MULAI PEMANASAN	28	C	09.50	WIB
SELESAI PEMANASAN	160	C	10.50	WIB
DIDIAMKAN PADA SUHU RUANG				
MULAI	160	C	10.50	WIB
SELESAI	28	C	11.50	WIB
DIRENDAM AIR DENGAN SUHU (25°C)				
MULAI	25	C	11.50	WIB
SELESAI	25	C	12.50	WIB
DIPERIKSA				
MULAI	25	C	12.50	WIB
SELESAI	25	C	13.30	WIB

HASIL PENGAMATAN

NO.	CAWAN (I) (0.1 mm)	CAWAN (II) (0.1 mm)	SKET HASIL PENGAMATAN	
			I	II
1.	66	74		
2.	78	65		
3.	60	67		
4.	64	63		
5.	67	65		

Yogyakarta, 13 September 2002

Ir. Iskandar S., MT
Kepala Lab. Jalan Raya



LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

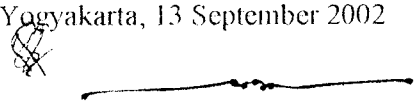
Pengirim contoh : Yohan Eko Bawono
Widie Arifianto
Dikerjakan oleh :
Yohan Eko Bawono
Widie Arifianto
Jenis contoh aspal : AC 60/70
Untuk Pekerjaan : Tugas Akhir
Diperiksa oleh :
Yohan Eko Bawono
Diterima Tgl. : 13 September 2002
Selesai Tgl. : 13 September 2002
Widie Arifianto

PEMERIKSAAN
DAKTILITAS (DUCTILITY) / RESIDUE

Persiapan benda uji	Contoh dipanaskan	15 menit	Pembacaan suhu oven $\pm 135^{\circ}\text{C}$
Mendinginkan benda uji	Didiamkan pada suhu ruang	60 menit	09.50
Perendaman benda uji	Direndam dalam Waterbath pada suhu 25°C	60 menit	Pembacaan suhu Waterbath $\pm 25^{\circ}\text{C}$
Pemeriksaan	Daktalitas pada 25°C 5 cm per menit	20 menit	Pembacaan suhu alat $\pm 25^{\circ}\text{C}$

DAKTILITAS pada 25°C 5 cm per menit	Pembacaan pengukur pada alat
Pengamatan I	165.00 cm
Pengamatan II	165.00 cm
Rata-rata (I + II)/2	165.00 cm

Yogyakarta, 13 September 2002


Ir. Iskandar S., MT
Kepala Lab. Jalan Raya



LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

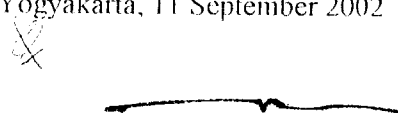
Contoh dari : AC 60/70 Pertamina
Jenis contoh : -
Pekerjaan : Tugas Akhir
Diterima Tgl. : 11 September 2002
Selesai Tgl. : 11 September 2002

PEMERIKSAAN
KELARUTAN DALAM CCl₄
(SOLUBILITY)

Pembukaan contoh	DIPANASKAN		Pembacaan Waktu	Pembacaan Suhu
	Mulai	Jam		
	Selesai	Jam		
<u>PEMERIKSAAN</u>				
1. Penimbangan	Mulai	Jam		
2. Pelarutan	Mulai	Jam		
3. Penyaringan	Mulai	Jam	13.59 WIB	
	Selesai	Jam	14.00 WIB	
4. Di Oven	Mulai	Jam	14.00 WIB	
5. Penimbangan	Selesai	Jam	14.05 WIB	

1. Berat botol Erlenmeyer kosong	= 74	gram
2. Berat erlenmeyer + aspal	= 76,2	gram
3. Berat aspal (2 - 1)	= 2,2	gram
4. Berat kertas saring bersih	= 0,6	gram
5. Berat kertas saring + endapan	= 0,63	gram
6. Berat endapannya saja (5 - 4)	= 0,03	gram
7. Persentase endapan	= 1,364	%
8. Bitumen yang larut (100% - 7)	= 98,636	%

Yogyakarta, 11 September 2002


Ir. Iskandar S., MT
Kepala Lab. Jalan Raya



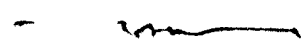
LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

SAND EQUIVALENT DATA
AA S H T O T 176 - 73

Contoh dari : Celereng, Kulon Progo Diperiksa Oleh :
Jenis contoh : - Yohan Eko Bawono
Diperiksa tgl. : 11 September 2002 Widie Arifianto

TRIAL NUMBER		1	2
Seaking (10.1 min)	Start	10.10 WIB	10.10 WIB
	Stop	10.20 WIB	10.20 WIB
Sedimentation Time (20 min – 15 Sec)	Start	10.25 WIB	10.25 WIB
	Stop	10.45 WIB	10.45 WIB
Clay Reading		5,2 inch	4,8 inch
Sand Reading		4,15 inch	3,85 inch
Sand Reading SE = ----- x 100 Clay Reading		79,8 %	80,2 %
Average Sand Equivalent		80 %	
Remark :			

Yogyakarta, 11 September 2002


Ir. Iskandar S., MT
Kepala Lab. Jalan Raya

LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
 Jl. Kalihurang Km. 14.4 Telp 95330 Yogyakarta

Pekerjaan / Proyek : Tugas Akhir
 Pengirim sample : Yohan Eko Bawono
 Widie Arifianto
 Jenis campuran : Beton Aspal 60 - 70 perendaman 24 jam
 Tanggal : 25 September 2002

Dikenjalkan Oleh : Yohan Eko Bawono
 Widie Arifianto
 Diperiksa Oleh : Yohan Eko Bawono
 Widie Arifianto

PERHITUNGAN TEST MARSHALL DENGAN SULFUR

No.	Suhu	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	L	m	n	o	p	q	r	QM
1	140	63.02	1.01	7.05	1185.0	1182.0	689.0	493.0	2.404	2.332	14.422	80.521	5.057	19.479	74.040	5.057	350.0	1198.75	1204.74	3.60	334.651
2	140	61.90	1.04	7.05	1170.0	1171.0	679.0	492.0	2.378	2.332	14.268	79.664	6.088	20.336	70.162	6.068	315.0	1078.88	1045.43	3.90	268.059
3	140	66.67	0.89	7.05	1179.0	1180.0	680.0	500.0	2.358	2.332	14.148	78.992	6.860	21.008	67.346	6.860	308.0	1054.90	1066.50	4.40	242.387
Rerata															70.516	5.995			1105.56		281.699
5	125	63.00	1.01	7.05	1187.0	1192.0	690.0	502.0	2.365	2.311	15.370	78.790	5.841	21.210	72.463	5.841	284.0	972.70	977.56	5.00	195.513
6	125	69.33	0.85	7.05	1270.0	1279.0	736.0	543.0	2.339	2.311	15.203	77.934	6.863	22.066	68.896	6.863	382.0	1308.55	1330.59	5.70	233.437
7	125	63.95	0.97	7.05	1185.0	1192.0	687.0	505.0	2.347	2.311	15.252	78.190	6.558	21.810	69.933	6.558	264.0	904.20	923.00	5.20	177.884
Rerata															70.431	6.420			1077.72		202.278
9	110	65.52	0.92	7.05	1165.0	1178.0	672.0	506.0	2.302	2.491	16.117	76.308	7.575	23.692	68.026	7.575	245.0	839.13	860.10	4.70	183.001
10	110	63.80	0.98	7.05	1181.0	1194.0	688.0	506.0	2.334	2.491	16.338	77.356	6.306	22.644	72.152	6.306	275.0	941.88	968.25	5.70	169.868
11	110	68.57	0.87	7.05	1175.0	1185.0	742.0	443.0	2.652	2.491	18.567	87.908	6.475	12.092	153.547	6.475	375.0	1284.38	1321.62	4.40	300.369
Rerata															97.908	2.469					4.93
13	95	64.38	0.95	7.05	1175.0	1176.0	679.0	497.0	2.364	2.471	17.731	77.936	4.333	22.064	80.362	4.333	295.0	1010.38	1099.29	4.70	233.891
14	95	64.38	0.95	7.05	1168.0	1177.0	666.0	511.0	2.286	2.471	17.143	75.349	7.508	24.651	69.542	7.508	225.0	770.63	791.43	4.40	179.871
15	95	65.00	0.93	7.05	1191.0	1192.0	681.0	511.0	2.331	2.471	17.480	76.832	5.687	23.168	75.452	5.687	210.0	719.25	721.41	4.10	175.953
Rerata															750.119	5.843			870.71		4.40
17	80	65.30	0.95	7.05	1183.0	1188.0	675.0	513.0	2.306	2.452	18.448	75.608	5.944	24.392	75.633	5.944	208.0	712.40	734.48	5.40	136.016
18	80	65.32	0.92	7.05	1197.0	1198.0	684.0	514.0	2.329	2.452	18.630	76.454	5.016	23.646	78.788	5.016	207.0	708.98	741.59	5.10	145.409
19	80	74.07	0.79	7.05	1305.0	1317.0	736.0	581.0	2.246	2.452	17.969	73.644	8.387	26.356	68.177	8.387	195.0	667.88	675.22	5.70	118.460
Rerata															6.449	24.798			717.10		5.40

Suhu : °C
 a = % aspal terhadap bahan (%)
 b = % aspal terhadap campuran (%)
 c = berat kering sebelum direndam (gram)
 d = berat dalam keadaan SSD (gram)
 e = berat di dalam air (gram)
 f = Vol (isi) campuran = d - e (gram)
 g = berat isi sample = c/f (gr/cc)
 h = BJ Maksimum (teoritis)

$$\frac{100 \cdot (c \% \text{ aspal} / BJ \text{ aspal})}{100 - (c \% \text{ aspal} / BJ \text{ aspal})}$$

$$I = b \times g / BJ \text{ aspal}$$
 j = (100-b) g / BJ aspal
 k = (100-I-j) jumlah kandungan rongga (%)
 l = (100-j) rongga terhadap agregat (%)
 m = (100 x l/I) rongga yang terisi aspal (VFWA)
 n = rongga yang terisi campuran 100 - (100 x g/n) (%)
 o = pembacaan ariotti (stabilitas) (Kg)
 p = o x kalibrasi profing ring
 q = p x koreksi tebal sample (STABILITAS) (Kg)
 r = FLOW (kelelahan plastis) (mm)
 Suhu pencampuran : 160 °C
 Suhu pemadatan : 140 °C
 Suhu waterbath : 60 °C
 BJ aspal : 1.036
 BJ agregat : 2.688

Tanda tangan

H. Iskandar S., MT.
 Kepala Lab. Jalan Raya



LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
 Jl. Kaliurang Km. 14.4 Telp 95330 Yogyakarta

Pekerjaan / Proyek : Tugas Akhir
 Pengirim sample : Yohan Eko Bawono
 Widie Arifianto
 Jenis campuran : Beton Aspal 60 - 70
 Tanggal : 25 September 2002

Dikejarkan Oleh : Yohan Eko Bawono
 Widie Arifianto
 Diperiksa Oleh : Yohan Eko Bawono
 Widie Arifianto

PERHITUNGAN TEST MARSHALL TANPA SULFUR

No.	Suhu	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	QM
1	140	61.08	1.07	7.05	1162.0	1163.0	675.0	488.0	2.831	2.532	14.287	79.768	5.946	20.232	70.614	5.946	475.0	1626.88	1635.01	3.60	454.169
2	140	59.93	1.10	7.05	1138.0	1140.0	664.0	476.0	2.391	2.532	14.345	80.089	5.566	19.911	72.045	5.566	577.0	1976.23	1914.96	4.75	403.150
3	140	61.43	1.06	7.05	1158.0	1164.0	675.0	489.0	2.368	2.532	14.209	79.330	6.461	20.670	68.742	6.461	550.0	1883.75	1904.47	3.59	544.135
Rerata															70.467	5.991			1818.15	3.95	
5	125	65.72	0.92	7.05	1163.0	1176.0	660.0	516.0	2.254	2.511	14.650	75.102	10.247	24.898	58.842	10.247	363.0	1243.28	1249.49	4.40	283.575
6	125	65.33	0.92	7.05	1166.0	1178.0	665.0	513.0	2.273	2.511	14.774	75.736	9.490	24.264	60.889	9.490	310.0	1061.75	1079.80	3.95	273.367
7	125	66.13	0.90	7.05	1161.0	1177.0	661.0	516.0	2.250	2.511	14.625	74.973	10.402	25.027	58.438	10.402	360.0	1233.00	1261.36	3.20	394.175
Rerata															59.390	10.046			1196.88	3.85	317.172
9	110	64.27	0.95	7.05	1155.0	1171.0	651.0	520.0	2.221	2.491	15.548	73.616	10.836	26.384	58.931	10.836	265.0	907.63	930.32	2.60	357.814
10	110	66.35	0.90	7.05	1141.0	1158.0	654.0	504.0	2.264	2.491	15.847	75.033	9.120	24.967	63.472	9.120	359.0	1229.58	1264.00	4.10	308.293
11	110	69.97	0.84	7.05	1160.0	1179.0	662.0	517.0	2.244	2.941	15.706	74.364	9.950	25.636	61.265	9.950	125.0	428.13	440.54	6.50	67.775
Rerata															61.223	9.962					
13	95	70.12	0.84	7.05	1155.0	1178.0	644.0	534.0	2.163	2.471	16.222	71.301	12.477	28.699	56.524	12.477	195.0	667.88	726.65	5.10	142.480
14	95	66.70	0.89	7.05	1161.0	1180.0	666.0	514.0	2.259	2.471	16.941	74.460	8.599	25.540	66.330	8.599	269.0	921.33	946.20	6.70	141.224
15	95	69.68	0.85	7.05	1190.0	1221.0	671.0	550.0	2.164	2.471	16.227	71.324	12.448	28.676	56.589	12.448	230.0	787.75	790.11	3.60	219.476
Rerata															59.814	11.175			820.99	5.13	
18	80	72.88	0.81	7.05	1161.0	1206.0	642.0	564.0	2.059	2.452	16.468	67.492	16.040	32.508	50.659	16.040	137.0	469.23	483.77	5.20	93.033
19	80	72.30	0.82	7.05	1150.0	1180.0	627.0	553.0	2.080	2.452	16.637	68.182	15.181	31.818	52.287	15.181	149.0	510.33	533.80	5.40	98.852
20	80	74.03	0.79	7.05	1161.0	1196.0	636.0	560.0	2.073	2.452	16.586	67.974	15.440	32.026	51.789	15.440	118.0	404.15	408.60	5.10	80.117
Rerata															15.554	32.117			475.39	5.23	90.667

Suhu : °C

a = % aspal terhadap batuan (%)

b = % aspal terhadap campuran (%)

c = berat kering sebelum direndam (gram)

d = berat dalam keadaan SSD (gram)

e = berat di dalam air (gram)

f = Vol (ss) campuran = d - e (gram)

g = berat isi sample = c/f (gr/cc)

h = BJ Maksimum (teoritis)

$(100 - ((\% \text{ aspal} / \text{BJ aspal}) + (\% \text{ aspal} / \text{BJ aspal})))$

$I = b \times g / \text{BJ aspal}$

$j = (100 - b) / \text{BJ aspal}$

$k = (100 - j) \times \text{jumlah kandungan rongga} (\%)$

$l = (100 - j) \times \text{rongga terhadap agregat} (\%)$

$m = (100 \times l / f) \times \text{rongga yang terisi aspal (VFWA)}$

$n = \text{rongga yang terisi campuran } 100 - ((100 \times g / h) (\%))$

o = pembacaan arloji (stabilitas) (Kg)

p = o x kalibrasi profil ring

q = p x koreksi tebal sample (STABILITAS) (Kg)

r = FLOW (kelelahan plastis) (mm)

Suhu pencampuran : 160 °C

Suhu pematangan : 140 °C

Suhu waterbath : 60 °C

BJ aspal : 1.036

BJ agregat : 2.688

Tanda tangan

I. Iskandar S., M.T.
Kepala Lab. Jalan Raya

DAFTAR PUSTAKA

1. Bina Marga, 1983, *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton* No 13/PT/B/1993. Badan Penerbit Departemen Umum, Jakarta.
2. Bina Marga, 1987, *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton* SKBI-2.4.26, 1987. Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
3. Sivia Sukirman, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Nova, Bandung 1992.
4. Kerbs RD and Walker RD, *Highway Material*, McGraw Hill Book Company, 1971.
5. Mulyono A.T, 1999, *Pengaruh Penambahan Kadar Sulfur dalam Aspal pada Bahan Campuran HRA terhadap Nilai Struktural Lapis Permukaan*, Media Teknik No. I Tahun XXI, edisi Februari 1999.
6. Robert, et.al, 1991, *Hot mix asphalt material mixture design and construction*, NAPA Education Foundation.
7. Miftahul Mauziah, 1999, *Pengaruh Kadar Serbuk Belerang Sebagai Filler Pengganti Terhadap Karakteristik Beton Aspal*, Tesis Penelitian Laboratorium FT UII, Yogyakarta.
8. Setyaheni: M, 1993, *Tinjauan Perbandingan Pengaruh Kadar Sulfur Terhadap Sifat-Sifat Marshall pada HRA dan Beton Aspal*, Tugas Akhir Penelitian Laboratorium FT UGM, Yogyakarta.
9. The Asphalt Institute, 1983, *Asphalt Technology and Construction Practice*, Education Series No.1 (ES-1), Second Edition. The Asphalt Institute, USA.

10. The Asphalt Institute, 1983, *Principles of Construction of Hot-Mix Asphalt Pavement, Manual Series No.22 (MS-22), Second Edition*. The Asphalt Institute, USA.