

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH PENGGUNAAN VARIASI KADAR FILLER  
ABU BATU DAN ABU MARMER DALAM CAMPURAN  
SPLIT MASTIC ASPHALT + S**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia  
untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh  
derajat Sarjana Teknik Sipil**



Disusun Oleh :

MILIK PERPUSTAKAAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN UJI YOGYAKARTA

**Agus Priyo Santoso**  
No. Mhs : 90 310 140  
N.I.R.M : 900051013114120169

**Teguh Prihartono**  
No. Mhs : 94 310 087  
N.I.R.M : 940051013114120086

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

**2001**

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH PENGGUNAAN VARIASI KADAR FILLER  
ABU BATU DAN ABU MARMER DALAM CAMPURAN  
SPLIT MASTIC ASPHALT + S**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia  
untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh  
derajat Sarjana Teknik Sipil**

Disusun Oleh :

**Agus Priyo Santoso  
No. Mhs : 90 310 140  
N.I.R.M : 900051013114120169**

**Teguh Prihartono  
No. Mhs : 94 310 087  
N.I.R.M. : 940051013114120086**

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

**2001**

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH PENGGUNAAN VARIASI KADAR FILLER  
ABU BATU DAN ABU MARMER DALAM CAMPURAN  
SPLIT MASTIC ASPHALT + S**

Disusun Oleh :

**Agus Priyo Santoso**  
No. Mhs : 90 310 140  
N.I.R.M : 900051013114120169

**Teguh Prihartono**  
No. Mhs : 94 310 087  
N.I.R.M : 940051013114120086

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

**Ir. Subarkah, MT.**  

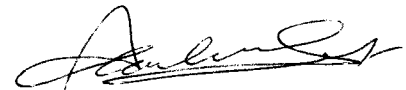
---

**Dosen Pembimbing I**

**Ir. H. Bachmas, M.Sc.**  

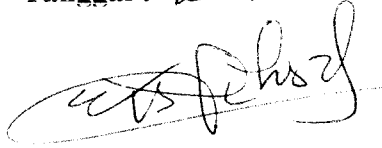
---

**Dosen Pembimbing II**

---

**Tanggal : 23 - 12 - 2001**

---

**Tanggal : 3 - 12 - 01**

## KATA PENGANTAR

Assalamu`alikum wr.wb.

Puji dan syukur kepada mAllah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya serta salam dan shalawat kepada junjungan Nabi Mohammad SAW sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan lancar tanpa hambatan yang cukup berarti.

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

Terima kasih yang sebesar-besarnya penulis ucapkan kepada semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini, antara lain kepada :

1. Bapak Ir. Subarkah, MT. , selaku dosen pembimbing I dan penguji Tugas Akhir
2. Bapak Ir. H. Bachnas MSc., selaku dosen pembimbing II dan dosen penguji Tugas Akhir
3. Ibu Ir. Miftahul Fauziah MT. selaku dosen tamu dan penguji Tugas Akhir
4. Bapak Ir. Widodo MSCE. PHd, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
5. Bapak Ir. H. Munadhir MS. selaku ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
6. Bapak Syamsudin dan Bapak Sukamto selaku staff laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
7. Segenap Staff jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

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

Kami menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangannya karena terbatasnya kemampuan dan waktu yang dimiliki oleh penyusun. Kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penyusun harapkan bagi kesempurnaan dan kemajuan ilmu pengetahuan tentang bahan-bahan yang dapat digunakan sebagai bahan pengisi pada campuran aspal sehingga dapat meningkatkan kualitas. Dari campuran aspal pada khususnya dan juga dapat meningkatkan pengetahuan tentang transportasi dilingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

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

*Billahittaufiq walhidayah*

*Wassalmu`alaikum wr.wb.*

Yogyakarta , November 2001

Penyusun

## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
Lembar Pengesahan .....	ii
Halaman Persembahan .....	iii
Kata Pengantar .....	iv
Daftar Isi .....	vi
Daftar Tabel .....	ix
Daftar Gambar .....	xi
Daftar Lampiran .....	xii
Daftar Notasi .....	xiii
Intisari .....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan Penelitian .....	2
1.3. Batasan Masalah .....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Agregat .....	4
2.2. Aspal .....	7
2.3. Filler .....	8
2.4. Bahan Tambah .....	10
2.5. Split Mastic Asphalt .....	14
2.6. Batu Marmer .....	16
2.7. Durabilitas .....	17
<b>BAB III LANDASAN TEORI</b>	
3.1. Konstruksi Perkerasan Jalan .....	18
3.2. Karakteristik Perkerasan Jalan .....	20
3.2.1. Stabilitas .....	21
3.2.2. Keawetan (Durabilitas) .....	21

3.2.3. Kelenturan (Fleksibilitas) .....	22
3.2.4. Tahanan Gesek/Kecepatan (Skid Resistance) .....	22
3.2.5. Ketahanan Kelelahan (Fatigue Resistance) .....	23
3.2.6. Kemudahan dalam Pelaksanaan .....	23
3.3. Syarat-syarat Kekuatan / Struktural .....	23
3.4. Split Mastic Asphalt .....	24
3.4.1. Pengertian Umum .....	24
3.4.2. Spesifikasi Teknis (Pina Marga) th. 1992 .....	25
3.4.3. Sifat-sifat SMA .....	25
3.4.4. Bahan Pendukung .....	26
3.4.5. Bahan Tambah (Additive) .....	32
<b>BAB IV HIPOTESIS .....</b>	<b>34</b>
<b>BAB V METODE PENELITIAN</b>	
5.1. Cara Memperoleh Data .....	35
5.2. Pemeriksaan Dan Pengujian Bahan .....	35
5.3. Perencanaan Campuran .....	39
5.3.1. Gradasi Agregat Ideal .....	39
5.3.2. Kadar Aspal .....	40
5.4. Pengujian Campuran .....	40
5.4.1. Persiapan Benda Uji .....	40
5.4.2. Pembuatan Benda Uji .....	42
5.4.3. Cara Pengujian .....	44
5.4.4. Peralatan Pengujian .....	45
5.5. Anggapan Dasar .....	46
5.6. Cara Analisis .....	47
<b>BAB VI HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>	
6.1. Hasil Penelitian .....	53
6.1.1. Hasil Pengujian Bahan .....	53

6.1.2. Hasil Pengujian Kadar Aspal Optimum .....	54
6.1.3. Hasil Uji Perendaman Marshall (Immersion Test) .....	58
6.2. Pembahasan .....	59
6.2.1. Tinjauan Terhadap Stabilitas .....	59
6.2.2. Tinjauan Terhadap Kelelahan (Flow) .....	61
6.2.3. Tinjauan Terhadap Kepadatan (Density) .....	63
6.2.4. Tinjauan Terhadap VITM (Void in The Total Mix).....	65
6.2.5. Tinjauan Terhadap VFWA (Void Filled With Asphalt).....	67
6.2.6. Tinjauan Terhadap Marshall Quotient (MQ) .....	69
6.2.7. Tinjauan Terhadap Stabilitas Hasil Uji Perendaman (Immersion) .....	71
6.2.8. Tinjauan Terhadap Kelelahan Hasil Uji Perendaman (Immersion) .....	73
6.2.9. Tinjauan Terhadap Marshall Quotient Hasil Uji Perendaman (Immersion) .....	75

## **BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN**

7.1 Kesimpulan .....	77
7.2. Saran .....	78

<b>PENUTUP</b> .....	79
----------------------	----

<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	80
-----------------------------	----



## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1.	Gradasi Split Mastic Asphalt menurut Bina Marga .....	24
Tabel 3.2.	Sifat-sifat SMA (Split Mastic Asphalt) .....	25
Tabel 3.3.	Hasil pemeriksaan aspal AC 60-70 .....	29
Tabel 3.4.	Gradasi Split Mastic Asphalt menurut Bina Marga .....	31
Tabel 3.5.	Gradasi mineral filler .....	32
Tabel 3.6.	Sifat-sifat serat selulosa jenis Roadcell 50 .....	33
Tabel 5.1.	Persyaratan Agregat Kasar .....	37
Tabel 5.2.	Persyaratan Agregat Halus .....	37
Tabel 5.3.	Gradasi Agregat SMA dengan bahan tambah serat selulosa dari Bina Marga .....	39
Tabel 5.4.	Jumlah Sampel untuk uji Marshall Standar .....	41
Tabel 5.5.	Jumlah sampel untuk uji perendaman (immersion) .....	41
Tabel 5.6.	Jumlah sampel untuk variasi kadar filler .....	41
Tabel 5.7.	Perhitungan prosentase agregat dalam pembuatan benda uji .....	43
Tabel 5.8.	Angka koreksi benda uji .....	50
Tabel 6.1.	Persyaratan agregat kasar dan hasil pengujian di laboratorium .....	53
Tabel 6.2.	Persyaratan agregat halus dan hasil pengujian di laboratorium .....	53
Tabel 6.3.	Persyaratan aspal AC 60-70 dan hasil penelitian di laboratorium. ....	54
Tabel 6.4.	Hasil uji Marshall dengan variasi kadar aspal dengan filler abu batu...	56
Tabel 6.5.	Hasil uji Marshall dengan variasi kadar aspal dengan filler abu marmer. .....	56

Tabel 6.6	Hasil uji Marshall pada campuran SMA + S dengan menggunakan filler abu batu dan filler abu marmer pada standart Marshall.....	58
Tabel 6.7	Hasil uji Marshall pada campuran SMA + S dengan menggunakan filler semen dan filler limbah marmer pada Immersion 1 (satu) hari .....	58
Tabel 6.8	Hasil uji Marshall pada campuran SMA + S dengan menggunakan filler semen dan filler limbah marmer pada immersion 4 (empat) hari .....	59
Tabel 6.9	Perbandingan nilai stabilitas antara campuran SMA + S (filler abu batu) dengan campuran SMA + S (filler abu batu marmer) .....	59
Tabel 6.10	Perbandingan nilai flow antara campuran SMA + S (filler abu batu) dengan campuran SMA+S (filler abu batu marmer).....	61
Tabel 6.11	Perbandingan nilai density antara campuran SMA + S (filler abu batu) dengan campuran SMA + S (filler abu marmer) .....	63
Tabel 6.12	Perbandingan nilai VITM antara campuran SMA + S (filler abu batu) dengan campuran SMA + S (filler abu marmer) .....	65
Tabel 6.13	Perbandingan nilai VFWA antara campuran SMA + S (filler abu batu) dengan campuran SMA + S (filler abu marmer) .....	67
Tabel 6.14	Perbandingan nilai Marshall Quotient antara campran SMA + S (filler abu batu) dengan campuran SMA + S (filler abu marmer) .....	69
Tabel 6.15	Perbandinan nilai stabilitas hasil immersion antara SMA + S (filler abu batu) dengan SMA + S (filler abu mamrmer) .....	72
Tabel 6.16	Perbandingan nilai flow hasil immersion antara SMA + S (filler abu batu) dengan campuran SMA + S (filler abu marmer) .....	73
Tabel 6.17	Perbandingan nilai Marshall Quotient hasil immersion antara campuran SMA + S (filler abu batu) dengan campuran SMA + S (filler abu marmer) .....	75

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 5.1.	Bagan Alir Penelitian Laboratorium .....	51
Gambar 6.1.	Kadar aspal optimum dengan filler abu batu .....	57
Gambar 6.2.	Kadar aspal optimum dengan filler abu marmer .....	57
Gambar 6.3.	Hubungan kadar aspal dengan stabilitas pada campuran SMA + S dengan filler abu batu dan dengan filler abu marmer .....	60
Gambar 6.4.	Hubungan kadar aspal dengan flow pada campuran SMA + S dengan filler abu batu dan filler abu marmer .....	62
Gambar 6.5.	Hubungan kadar aspal dengan density pada campuran SMA + S dengan filler abu batu dan filler abu marmer .....	64
Gambar 6.6.	Hubungan kadar aspal dengan VITM pada campuran SMA + S dengan filler abu batu dan filler abu marmer .....	66
Gambar 6.7.	Hubungan kadar aspal dengan VFWA pada campuran SMA + S dengan filler abu batu dan filler abu marmer .....	68
Gambar 6.8.	Hubungan kadar aspal dengan Marshall Quotient pada campuran SMA + S dengan filler abu batu dan filler abu marmer .....	70
Gambar 6.9.	Hubungan waktu perendaman dengan stabilitas pada campuran SMA + S dengan filler abu batu dan filler abu marmer .....	72
Gambar 6.10.	Hubungan waktu perendaman dengan flow pada campuran SMA + S dengan filler abu batu dan filler abu marmer .....	74
Gambar 6.11.	Hubungan waktu perendaman dengan Marshall Quotient pada campuran SMA + S dengan filler abu batu dan filler abu marmer .....	76

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Pemeriksaan Keausan Agregat .....	81
Lampiran 2	Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus .....	82
Lampiran 3	Berat Berat Jenis Agregat Kasar .....	83
Lampiran 4	Sand Equivalent Data AASHTO T 176 73 .....	84
Lampiran 5	Pemeriksaan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal .....	85
Lampiran 6 - 10	Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus dengan kadar aspal 5,5 %, 6%, 6,5%, 7%, 7,5% dengan menggunakan filler abu batu dan filler abu marmer.....	86
Lampiran 11-12	Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus dengan kadar aspal Optimum .....	91
Lampiran 13	Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal .....	93
Lampiran 14	Pemeriksaan Titik Lembek Aspal .....	94
Lampiran 15	Pemeriksaan Penetrasi Aspal .....	95
Lampiran 16	Pemeriksaan Daktilitas (Ductility)/Residu .....	96
Lampiran 17	Pemeriksaan Berat Jenis Aspal .....	97
Lampiran 18	Pemeriksaan Kelarutan dalam CCl <sub>4</sub> (Solubility) .....	98
Lampiran 19	Perhitungan test Marshall Immersion standar, 1 (satu) hari dan 4 (hari) dengan menggunakan filler abu batu .....	99
Lampiran 20	Perhitungan test Marshall Immersion standar, 1 (satu) hari dan 4 (hari) dengan menggunakan filler abu Marmer .....	100
Lampiran 21	Perhitungan test Marshall Standar dengan filler abu batu .....	101
Lampiran 22	Perhitungan test Marshall Standar dengan filler abu marmer.....	102

## DAFTAR NOTASI

- f : naiknya parameter komposisi malten
- N : basa nitrogen
- A - 1 : first Acidafins
- A - 2 : second acidafins
- P : parafinik
- c : berat benda uji sebelum direndam (gram)
- d : berat benda uji jenuh air (gram)
- e : berat benda uji di dalam air (gram)
- f : isi volume benda uji (ml)
- g : berat isi benda uji (gram/ml)
- i : rumus substitusi
- l : prosentase rongga terhadap campuran
- h : berat jenis maksimum teoritis
- q : nilai stabilitas
- s : pembacaan arloji stabilitas

## INTISARI

Meningkatnya pembangunan yang begitu pesat dewasa ini secara langsung menuntut perkembangan pada bidang transportasi. Sebagai prasarana vital dalam bidang transportasi, jalan raya memerlukan gagasan-gagasan bagi peningkatan mutu dan pelayanan, dan hal-hal baru dalam rangka efisiensi maupun efektifitas pada pelaksanaan perkerasan jalan raya tersebut. Salah satu gagasan yang dapat menjawab permasalahan tersebut diatas adalah Split Mastic Asphalt.

Split Mastic Asphalt merupakan salah satu jenis perkerasan dari campuran panas/hotmix yang terdiri dari campuran agregat yang bergradasi terbuka (open graded), aspal keras dan bahan tambah (additive). Sifat-sifat dari campuran tersebut dipengaruhi oleh bahan penyusunnya, proporsinya, proses pencampuran dan pemadatannya.

Dalam penelitian ini digunakan variasi kadar aspal 5,5%-7,5% ditambah dengan 0,3% serat selulosa. Serat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Roadcell 50. Sedangkan kadar filler yang digunakan adalah 3% dari berat total campuran yaitu 1200 gr untuk masing-masing sampel.

Pada penelitian ini diharapkan didapatkan kadar filler dan kadar aspal yang optimum dari masing-masing jenis filler yaitu abu batu dan abu batu marmmer, sehingga didapatkan kualitas campuran yang memenuhi persyaratan perkerasan. Standar persyaratan yang dipakai dalam penelitian ini adalah yang disyaratkan oleh spesifikasi teknis Direktorat Bina Marga 1992.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang .**

Meningkatnya perkembangan pembangunan di berbagai bidang dewasa ini secara langsung menuntut perkembangan pada bidang transportasi. Tuntutan yang demikian menimbulkan suatu motivasi untuk melakukan penelitian guna mendapatkan inovasi baru dalam bidang transportasi yang dapat dimanfaatkan.

Sebagai prasarana vital dalam bidang transportasi jalan raya memerlukan gagasan- gagasan bagi peningkatan mutu dan pelayanan. Selain itu juga dibutuhkan hal-hal baru dalam rangka efisiensi maupun efektivitas pada pelaksanaan perkerasan jalan raya tersebut.

Di Indonesia yang beriklim tropis, pembangunan dan peningkatan jalan raya banyak sekali menggunakan aspal minyak sebagai bahan pengikat. Namun masih sering dijumpai kelemahan berupa kerusakan dini pada permukaan jalan setelah beberapa waktu dilalui lalu lintas. Kerusakan jalan yang merupakan prasarana perhubungan tersebut akan mengakibatkan terganggunya sektor perhubungan yang pada konsekuensinya akan menghambat perkembangan pembangunan disegala aspek.

Pada kenyataanya jalan raya juga dihadapkan pada banyak tantangan. Selain kendala kebutuhan yang terus meningkat, juga menghadapi dana yang terbatas. Maka untuk itu harus dipikirkan suatu cara yang paling efisien dan ekonomis untuk memperoleh hasil yang optimal.

Salah satu gagasan yang dapat menjawab permasalahan diatas adalah *Split Mastice Asphalt (SMA)*. Yaitu suatu teknologi yang terus dikembangkan saat ini berupa campuran panas dengan serat selulosa, yang menghasilkan mutu campuran yang lebih tahan terhadap oksidasi, retak, lendutan, dan keausan oleh roda kendaraan, sehingga penggunaannya memberikan prospek tersendiri di Indonesia.

*Split Mastice Asphalt*, seperti pada campuran beton lainnya, dipengaruhi pula oleh bahan penyusunnya. Bahan tersebut berupa agregat dan aspal. Dasar pemikiran teknis *Split Mastice Asphalt* adalah bagaimana memaksimalkan interaksi dan kontak diantara fraksi kasar dalam campuran hot mix. Penelitian ini menitikberatkan pada pengaruh penggunaan filler dan perilakunya terhadap campuran SMA + S. Bahan yang digunakan adalah pecahan batu marmmer yang banyak terdapat di daerah Tulung Agung, Jawa Timur.

## 1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan variasi kadar filler dari abu batu marmmer dan abu batu pada perilaku campuran SMA + S, terhadap spesifikasi karakteristik yang disyaratkan oleh Bina Marga (Petunjuk Pelaksanaan Laston No. 13/PT/B/1983).

## 1.3. Batasan Masalah

Agar tidak menyimpang dari tujuan penelitian, maka dilakukan pembatasan dari permasalahan untuk mencapai efektifitas dari penelitian yang dilakukan.

Batasan masalah adalah sebagai berikut :

1. Agregat yang digunakan adalah hasil stone crusher dari PT Gebyar Selo Artha Mas, Clereng Kulon Progo.
2. Filler yang digunakan adalah hasil dari pecahan batu marmmer yang banyak terdapat di daerah Tulungagung, Jawa Timur dan Abu Batu.



3. Aspal yang dipakai adalah jenis AC 60/70 dengan variasi kadar aspal : 5,5%, 6%, 6,5%, 7%, dan 7,5%.
4. Kadar serat selulosa CF-31500 adalah 0,3%.
5. Spesifikasi teknis SMA + S, digunakan dari Bina Marga ( Heavy Load Road Improvement Project).
6. Penelitian ini dilakukan tanpa membahas unsur mineral dari filler yang digunakan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Agregat**

Agregat didefinisikan secara umum adalah sebagai formulasi kulit bumi yang keras dan pejal, merupakan suatu bahan yang terdiri atas mineral padat, berupa massa besar maupun fragmen-fragmen (*Silvia Sukirman, 1993*), dan secara khusus agregat adalah batu pecah, krikil, pasir atau komposisi mineral lainnya., baik berupa hasil alam maupun pengolahan (penyaringan dan pemecahan), yang merupakan bahan utama konstruksi jalan (*Petunjuk Pelaksanaan Laston No. 13 PT B 1983*).

Ditinjau dari asal kejadiannya agregat/batuan dapat dibedakan atas batuan beku (*igneous rock*), batuan sedimen, dan batuan metamorf (batuan malihan).

##### **1. Batuan beku**

Batuan beku adalah batuan yang berasal dari magma yang mendingin dan membeku. Dibedakan atas batuan beku luar (*extrusive igneous rock*) dan batuan beku dalam (*intrusive igneous rock*). Batuan beku luar dibentuk dari mineral yang keluar ke permukaan bumi disaat gunung berapi meletus. Akibat pengaruh cuaca akan mengalami pendinginan dan membeku. Umumnya berbutir halus seperti batu apung, andesit, obsidian dan lain-lain. Magma mengalami pendinginan dan membeku secara perlahan-lahan, bertekstur kasar dan mudah ditemui di permukaan bumi karena proses erosi dan kegiatan bumi. Batuan beku jenis ini antara lain, granit, gabro, dan lain-lain.

## 2. Batuan Sedimen

Batuan ini dapat berasal dari campuran partikel mineral, sisa-sisa hewan dan tanaman. Pada umumnya merupakan lapisan-lapisan pada kulit bumi, hasil endapan di danau, laut dan sebagainya. Berdasarkan pembentukannya batuan sedimen dapat dibedakan atas :

- 1). Batuan sedimen yang dibentuk secara mekanik, seperti lempung. Batuan ini banyak mengandung silika.
- 2). Batuan sedimen yang dibentuk secara organik, seperti batu gamping, batu bara, opal dan lain-lain.
- 3). Batuan sedimen yang dibentuk secara kimiawi, seperti batu gamping, garam, gips, flint dan lain-lain.

## 3. Batuan Metamorf

Berasal dari batuan sedimen ataupun batuan beku yang mengalami proses perubahan bentuk akibat adanya perubahan tekanan dan temperatur dari kulit bumi. Berdasarkan strukturnya dapat dibedakan atas batuan metamorf yang masif seperti marmer, kwarsit dan batuan metamorf yang berfoliasi/seperti batu sabak, filit, sekis.

Berdasarkan proses pengolahan agregat yang digunakan pada perkerasan lentur dapat dibedakan atas agregat alam, agregat yang mengalami proses pengolahan terlebih dahulu dan agregat buatan. (Silvia Sukirman, 1992).

### 1. Agregat Alam

Merupakan agregat yang digunakan sebagaimana bentuknya di alam atau sedikit diolah. Agregat alam dibentuk melalui proses erosi dan degradasi. Dua bentuk agregat alam yang sering digunakan adalah krikil dan pasir. Krikil adalah agregat dengan ukuran partikel  $>1/4$  inchi (6,45 mm). Pasir adalah agregat dengan ukuran  $<1/4$  inchi dan lebih besar dari 0,075mm (lolos saringan no. 200).

## 2. Agregat Proses Pengolahan

Agregat ini diperoleh melalui pemecahan. Agregat alam dengan ukuran besar dipecah dengan alat pemecah batu (*stone crusher*) untuk mendapatkan ukuran yang sesuai sebelum digunakan pada konstruksi perkerasan jalan. Adapun ciri-ciri agregat hasil pemecahan sebagai berikut:

- a). Bentuk partikel bersudut.
- b). Permukaan partikel kasar.
- c). Gradasi sesuai dengan yang diinginkan.

Agregat ini sangat dipengaruhi oleh bahan asalnya. Bila bahan tersebut mempunyai tingkat kekerasan yang tinggi maka hasil pemecahan batuan tersebut mempunyai kekerasan yang tinggi.

## 3. Agregat Buatan

Merupakan agregat pengisi/filler (partikel dengan ukuran  $< 0,075$  mm) diperoleh dari hasil sampingan pabrik-pabrik semen dan mesin pemecah batu.

Agregat yang akan digunakan pada perkerasan dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor tersebut diantaranya porositas, tekstur permukaan, kelekatan terhadap aspal dan kebersihan. Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan dikelompokkan sebagai berikut :

1. Kekuatan dan keawetan lapisan perkerasan dipengaruhi oleh :
  - a). gradasi.
  - b). ukuran maksimum partikel agregat.
  - c). kadar lempung.
  - d). kekerasan dan ketahanan.
  - e). bentuk butiran dan
  - f). tekstur permukaan.
2. Kemampuan dilapisi aspal, dipengaruhi oleh :
  - a). porositas

- b). kemungkinan basah dan
  - c). jenis mineral penyusun agregat.
3. Kemudahan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang nyaman dan aman dipengaruhi oleh :
- a). tahanan gesek dan
  - b). campuran yang memberikan kemudahan dalam pelaksanaan.

Pemilihan jenis agregat yang sesuai untuk digunakan pada konstruksi perkerasan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu ukuran dan gradasi, kekuatan, bentuk tekstur permukaan, kelekatan terhadap aspal, kebersihan dan sifat kimia (*Highway Material, Kerb and Walker, 1971*).

Agregat untuk suatu campuran perkerasan terdiri dari agregat kasar, agregat halus serta filler. Agregat kasar dikategorikan sebagai material dengan ukuran  $\geq 2$  mm, dan agregat halus berukuran  $\leq 2$ mm, sedangkan untuk filler adalah material yang paling halus atau yang lolos pada saringan no. 200 (0,075 mm).

## 2.2. Aspal

Aspal adalah bahan padat atau semi padat temperatur ruang, yang berwarna coklat gelap sampai kehitaman. Yang tersusun dari *Asphaltense* dan *Maltenese*, yang terjadi di alam dari penyulingan minyak mentah. Asphalt Cement atau aspal keras adalah aspal yang dibuat dengan kekentalan khusus, (Kerb dan Walker, 1971). Untuk konstruksi perkerasan jalan aspal berfungsi sebagai :

### 1. Bahan pengikat

Aspal memberikan ikatan yang kuat terhadap agregat dan terhadap aspal itu sendiri.

### 2. Bahan Pengisi/ Filler

Aspal berfungsi mengisi rongga antara butir-butir agregat dan pori-pori pada agregat tersebut.

### 2.3. Filler

Filler adalah sekumpulan mineral agregat yang umumnya lolos saringan no. 200 yang mengisi rongga diantara partikel agregat kasar dalam rangka mengurangi besarnya rongga dan meningkatkan kerapatan dan stabilitas dari massa tersebut. Rongga udara pada agregat kasar diisi dengan agregat lolos saringan no. 200, membuat rongga udara lebih kecil dan kerapatan massanya lebih besar. (Tunnicliff, D.G. , 1962 dalam Shell 1990).

Filler dapat berupa kapur, abu batu (*Stone Dust*) maupun semen abu batu (*Portland Cement*). Apabila digunakan dalam campuran maka bahan pengisi (filler) harus kering dan bebas dari bahan lain yang mengganggu. (SKBI-2.4.26.1987, Dept PU).

Pada awalnya pengaruh filler pada kedalaman aspal adalah dengan membentuk mastik yaitu campuran aspal dan filler, sedangkan mastik biasanya menambah /mempengaruhi viskositas (kekentalan) aspal murni. Pengaruh dari filler adalah dalam adhesi, oleh karena itu sama halnya dengan penambahan kekentalan aspal, murni. Mekanisme pengaruh filler dalam mendukung adhesi antara aspal dan agregat adalah secara mekanik dan kimia sekaligus. (Crauss, J and Ishai, 1977, dalam Shell 1990).

Penggunaan filler dalam campuran beton aspal akan berpengaruh pada karakteristik beton aspal. Pengaruh penggunaan filler pada campuran beton aspal dikelompokkan menjadi :

1. Pengaruh penggunaan filler terhadap karakteristik campuran aspal filler yaitu seperti diuraikan berikut ini :
  - a). Pengaruh terhadap viskositas campuran
    - 1). pengaruh penggunaan berbagai jenis filler terhadap viskositas campuran tidak sama.
    - 2). luas permukaan filler yang makin besar akan menaikkan viskositas campuran dibanding dengan yang mempunyai luas permukaan kecil, dan

- 3). adanya daya afinitas (tarik menarik) menyebabkan jumlah aspal yang diserap filler bervariasi.
- b). Pengaruh terhadap daktilitas dan penetrasi campuran
  - 1). kadar filler yang semakin tinggi akan menurunkan daktilitas, hal ini juga terjadi pada berbagai suhu
  - 2). jenis filler akan menaikkan viskositas aspal dan menurunkan penetrasi aspal.
- c). Pengaruh terhadap suhu dan pemanasan  
 Penggunaan jenis dan kadar filler akan memberikan pengaruh yang berbeda pada berbagai campuran.
2. Pengaruh penggunaan filler terhadap karakteristik campuran beton aspal. Kadar filler dalam campuran akan berpengaruh pada proses pencampuran, penggelaran dan pemadatan. Kadar dan jenis filler juga akan berpengaruh pada sifat elastik dan sensitivitas campuran terhadap air. (Suprpto TM, 1991).

Hasil dari penggunaan filler terhadap campuran beton aspal adalah sebagai berikut :

1. Filler diperlukan untuk meningkatkan kepadatan, kekuatan dan karakteristik lain beton aspal.
2. Filler dapat berfungsi ganda dalam campuran beton aspal :
  - a). sebagai bagian dari agregat, filler akan mengisi rongga dan menambah bidang kontak antara butir agregat, sehingga akan meningkatkan kualitas campuran, dan
  - b). bila bercampur dengan aspal, filler akan membentuk bahan pengikat yang berkonsentrasi tinggi, sehingga akan mengikat butiran secara bersama-sama.
3. Sifat aspal (daktilitas, viskositas dan penetrasi) diubah secara drastis oleh filler, walaupun kadarnya relatif rendah dibanding pada campuran

beton aspal. Penambahan filler pada beton aspal akan meningkatkan konsistensi pada aspal.

4. Daktilitas campuran aspal filler akan mencapai nol, pada kadar filler yang umum digunakan pada campuran beton aspal. Sedangkan pada suhu dan kadar filler yang sama, nilai penetrasi campuran aspal filler akan turun sampai  $< 1/3$  dari penetrasi semula.
5. Viskositas aspal filler pada suhu tinggi sangat bervariasi pada kisaran yang lebar, tergantung pada jenis filler dan kadarnya, Perbedaan ini menjadi kecil pada suhu yang lebih rendah.
6. Hasil tes menunjukkan ada hubungan antara stabilitas campuran dan kekentalan aspal pada pemadatan campuran dengan kadar pori yang sama.
7. Hasil tes menunjukkan bahwa ada hubungan antara viskositas aspal dan usaha pemadatan aspal.
8. Sensivitas campuran terhadap air pada jenis dan kadar filler berbeda menunjukkan variasi yang besar. Hasil tes menunjukkan bahwa sensitivitas terhadap air dapat diturunkan dengan mengurangi kadar filler yang peka terhadap air.

## **2.4 Bahan Tambah**

Bahan tambah adalah bahan yang ditambahkan dalam campuran aspal yang fungsinya untuk menstabilkan campuran aspal (memperbaiki sifat aspal minyak).

Salah satu alasan utama kerusakan dan kemerosotan kekuatan lentur jalan raya adalah rendahnya kekuatan dan keawetan di dalam lapis aus dan bahan ikat konstruksi perkerasan jalan. Kemampuan keawetan campuran aspal dapat didefinisikan sebagai perlawanan campuran terhadap pengaruh merusak yang terus menerus, dimana kombinasinya dari air dan temperatur. Kemampuan keawetan yang tinggi biasanya ditunjukkan oleh proses mekanik dalam campuran sehingga didalam lapis keras selama umur rencana, pelayanan konstruksi menjadi lebih lama.



Kebanyakan jalan raya (Highways) dan proyek-proyek bandara sekarang ini didapatkan agregat dibawah standar. Dengan kondisi semacam ini maka perkerasan standar dihadapkan pada cepatnya kerusakan akibat kepekaannya yang tinggi terhadap kombinasi pengaruh air dan temperatur.

Karena penggunaan material setempat tidak dapat dihindarkan sehingga harus dibuat indikasi untuk menjamin keawetan adhesi. Modifikasi yang dimaksud biasanya dibuat dalam 2 kelompok yaitu :

1. Modifikasi sifat adhesi permukaan agregat dengan *tensio-active* (tegangan aktif bahan tambah)
2. Modifikasi sifat adhesi permukaan agregat dengan menggunakan larutan air semen, larutan kapur bakar dan larutan abu batu.

Dari kedua modifikasi tersebut pertama yang banyak digunakan dalam teknologi perkerasan.

Bahan tambah yang digunakan adalah RC-50. Pada awal pengembangan SMA ini, bahan additive yang digunakan adalah serat selulosa.

Serat selulosa didapat dari tumbuhan yang bisa menghasilkan protein dan asam amino. Untuk mengambil asam protein dan asam amino pada tumbuhan digunakan cara ekstrasi. Dari hasil yang berupa larutan protein dan asam amino kemudian didestilasi (disuling) untuk diambil protein dan asam amino yang murni. Kemudian diendapkan, diekstrasi dalam keadaan basa kedalam larutan *coagulating* (penggumpal) untuk dijadikan serat selulosa. (Crauss, J. and Ishai, 1977, dalam Sheell 1990 ).

Serat sellulosa ini diutamakan untuk memperbaiki sifat-sifat aspal minyak, sehingga akan diperoleh konstruksi perkerasan jalan yang kuat, kaku, awet, nyaman dan aman bagi lalu lintas, hal ini tidak terlepas dari sifat-sifat serat sellulosa yang harus dipenuhi sebagai bahan stabilisasi aspal.

Kadar serat sellulosa ditentukan berdasarkan persyaratan optimum. Persyaratan ini ditentukan dengan memvariasikan kadar serat sellulosa dengan aspal.

Campuran serat selulosa dalam aspal harus dapat memperbaiki mutu aspal (Khairudin, M Ali, 1990), sehingga dicapai :

1. titik lembek campuran :  $> 60^{\circ} \text{C}$
2. kelelahan campuran : 0% (1 jam  $60^{\circ}\text{C}$ ), dan
3. nilai penetrasi :  $< 40$

Fungsi serat selulosa dalam menstabilkan aspal terlihat pada perubahan sifat campuran aspal dan serat selulosa terhadap aspal murni. Perubahan sifat tersebut yaitu kenaikan titik lembek, penurunan penetrasi semu dan penurunan kelelahan.

Mekanisme stabilisasi itu secara mikro terjadi melalui dua proses sebagai berikut ini :

- a. Absorpsi aspal oleh serat selulosa

Proses ini akan menyebabkan sifat-sifat kinetis (mobilitas) dari partikel-partikel aspal sehingga meningkatkan integritas dari bulk aspal tanpa mengurangi sifat kelenturan dan adhesinya.

- b. Jembatan hidrogen antara aspal dan serat selulosa

Secara umum aspal tersusun dari tiga komponen yaitu *asphaltense*, *resine*, dan *saturate hidrokarbon*. Fungsi spesifik masing-masing komponen adalah sebagai berikut :

1. *asphaltense* sebagai pembentuk body.
2. *resin* membangkitkan sifat adhesive dan lentur (ductile), dan
3. fraksi-fraksi minyak berperan pada sifat viskositas dan flow.

Analisis komponen lanjutan menunjukkan bahwa fraksi resin terdiri batas resin tak jenuh dan asam hidrokarbon tak jenuh. Masing masing lazim disebut sebagai fraksi acidaffins (A-2) dan basa nitrogen (N) dalam jumlah relatif kecil. Fraksi minyak tersusun dari beberapa campuran senyawa hidrokarbon jenuh.

Salah satu masalah yang muncul dalam konstruksi aspal adalah penuaan (aging). Penuaan adalah suatu proses yang menyebabkan aspal berkurang/kehilangan sifat adhesive dan daktilitas. Problem ini akan menyebabkan terjadinya kerusakan dini dan menimbulkan kerugian yang cukup berarti.

Problem tersebut dapat dideteksi dengan menggunakan persamaan parameter komposisi malten ( persamaan rosler). Persamaan Rosler tersebut adalah sebagai berikut :

$$f = \frac{(N + A - 1)}{(P + A - 2)}$$

Dengan :

f = naiknya komposisi Malten (  $0,4 < f < 1,2$  ; f ideal = 0,7-0,8 )

N = basa nitrogen

A-1 = first acidafins

A-2 = second acidafins

P = parafinik

Secara matematis proses penuaan ditandai dengan naiknya parameter komposisi Malten (f). Membesarnya parameter Malten terjadi bila penyebut persamaan tersebut mengecil.

Dibanding unsur parafinik (p) maka komponen second acidafins (a-2) mempunyai kestabilan yang lebih rendah. Kesimpulan itu didasarkan pada kenyataan sebagai berikut :

1. Komponen acidafins bersifat tidak jenuh ( mempunyai ikatan rangkap) sehingga lebih mudah teroksidasi dan terpolimerasi. Sedangkan komponen parafinik adalah hidrokarbon jenuh, sehingga tahan terhadap reaksi oksidasi.
2. Kompoenen acidafins mempunyai berat molekul yang lebih rendah, sehingga mempunyai kecenderungan menguap lebih besar.

Proses penuaan (aging), dengan kata lain dimulai oleh mutasi resins menjadi molekul kecil yang mudah menguap, sehingga menyebabkan penurunan fraksi malten. Mengingat bahwa fungsi senyawa tersebut sebagai stabilisator koloid aspal, maka proses ini akan mengganggu kestabilan dan menyebabkan aspal menjadi rapuh.

Sellulosa dapat menunda proses penuaan (aging) melalui mekanisme sebagai berikut. Ditinjau dari segi campuran aspal digolongkan sebagai koloid dari fasa diskrit asphaltense yang polar. Koloid tersebut menjadi stabil oleh adanya pengaruh berbagai macam resins (A-1), (A-2) dan (N), yang bersifat semi polar dan mengelilingi fraksi asphaltense.

Sellulosa bersifat semi polar (lebih kuat dari resin) yang mampu menyerap (ikatan hidrogen) fraksi-fraksi resin tersebut. Hal tersebut mampu memperlambat proses oksidasi dan polimerisasi. Pilihan pengikatan diantara ketiga fraksi resin dapat ditelusuri melalui probabilitas sebagai berikut :

Basa N mempunyai gugus aktif hidrosil sehingga bersifat tidak suka terhadap sellulosa yang mempunyai gugus aktif yang sama. Second acidafins (A-2) lebih suka terhadap sellulosa dibandingkan first acidafins (A-1), sebab memiliki berat molekul lebih kecil (mobilitas lebih besar) dan letak gugus berada diujung molekul. Pilihan pengikatan/penyetabilan oleh sellulosa terjadi terhadap komponen second acidafins (A-2) lebih lama dalam sistem, sehingga akan mampu menahan proses penuaan lebih lama. (Lismanto dan Muh. As'ad 1993) [7].

#### **2.4. Split Mastic Aspal**

*Split Mastic Asphalt* adalah suatu campuran panas (Hot Mix) untuk konstruksi jalan raya, yang terdiri dari campuran agregat bergradasi terbuka, aspal keras dan bahan tambah. Ada tiga jenis dari *Split Mastic Asphalt*, yaitu; *SMA 0/5*, *SMA 0/8* dan *SMA 0/11*. (Bituminous Moisturance in Road Construction). Sedangkan yang banyak dikembangkan di Indonesia adalah *SMA 0/11*.

Berdasarkan hasil berbagai percobaan dan penerapannya, ternyata *Split Mastic Asphalt* dapat mengatasi kelemahan pada Laston (Aspal Beton) dan Lataston (HRS) yang umum digunakan di Indonesia. Hal ini disebabkan *SMA* menghasilkan mutu campuran panas yang lebih tahan terhadap oksidasi, retak, lendutan dan keausan pada roda kendaraan.

Gradasi agregat SMA terdiri atas campuran agregat kasar > 2mm dengan jumlah fraksi tinggi, yaitu > 75% dari berat total agregat, agregat halus, bahan isi (Filler) dan aspal dengan kadar aspal relatif tinggi. Sedangkan bahan tambah (additive) berfungsi sebagai stabilisasi aspal (memperbaiki sifat-sifat aspal minyak).

Penelitian yang sudah dilakukan tentang penggunaan filler adalah diantaranya yang telah dilakukan oleh Balkis Kusumawati, 1997 yaitu pengaruh penggunaan pc dan kapur sebagai filler dalam campuran *Split Mastic Asphalt* 0/8 terhadap Workabilitas dan Durabilitas dari penelitian tersebut diketahui bahwa dengan penambahan kadar filler akan menurunkan nilai VITM. Setelah direndam, selama 72 jam dengan suhu perendaman 60°C menunjukkan adanya penurunan nilai stabilitas yang terus menerus untuk tiap-tiap variasi kadar filler baik pada pc maupun pada kapur. Hal ini dikarenakan selama proses perendaman terjadi tegangan (karena ada air) dimana air akan masuk kedalam pori-pori campuran aspal, sehingga mampu mengusik sifat adhesi dan kohesi dari aspal. Sedangkan aspal sendiri mempunyai sifat termoplastik yaitu akan berubah sifat dengan penambahan suhu, dalam proses ini aspal akan melembek yang mengakibatkan ikatan antar agregat akan menjadi jelek sehingga campuran mengalami perlemahan.

Penelitian yang lain yaitu yang dilakukan oleh Budi Kusnadi dan Aji Setiawan, 1995 yaitu pengaruh penggunaan limbah karbid sebagai filler terhadap perilaku campuran aspal. Dari penelitian tersebut diketahui bahwa pengaruh penggunaan limbah karbid sebagai filler terhadap benda uji Laston dengan kadar filler 7 % dan formulasi yang bervariasi akan menghasilkan nilai-nilai *density*, *VITM*, *VFWA*, *stabilitas*, *flow* dan *Marshaal Qoutient* yang baik dan memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga. Secara umum dapat dikatakan bahwa pengaruh penggunaan limbah karbid sebagai filler terhadap perilaku campuran beton aspal akan menghasilkan kualitas campuran yang sama baiknya dengan jenis agregat filler lainnya yang masuk dalam spesifikasi Bina Marrga.

## 2.5. Batu Marmer

Di Indonesia terdapat beberapa batuan yang mengandung senyawa karbonat, antara lain batu kapur, karang dan batu kapur magnesia. Dari padanya dapat dihasilkan batu marmer sebagai salah satu bahan bangunan. Sebagian terbesar dari batu-batuan ini terdapat dalam bentuk senyawa karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ), yang berasal dari rekristalisasi kalsium karbonat yang menyerupai bahan batu/keras (stone material), dimana kalsium karbonatnya dapat berasal dari kimia fisik (anorganik) maupun biokimia (organik) atau kombinasi keduanya. (Ir. Dody Setia Graha, 1987). Batuan ini ada hampir diseluruh kepulauan Indonesia.

Batu marmer merupakan batuan sedimen yang terjadi karena pengendapan. Apabila mengalami proses pemecahan akan berbentuk granular yang mempunyai banyak sudut. (Ir. Dody Setia Graha, 1987).

Pada penelitian ini dipakai abu batu marmer dari limbah pecahan batu marmer yang banyak terdapat didaerah Tulungagung Jawa Timur. Hasil pemecahan tersebut dilakukan penyaringan, yaitu yang lolos saringan No.200 (0,075mm).

## 2.6. Durabilitas

Durabilitas adalah ketahanan lapis keras terhadap pengaruh cuaca dan keausan akibat beban lalu lintas. Pada umumnya durabilitas yang baik untuk campuran perkerasan dilaksanakan dengan memberikan kadar aspal yang tinggi, gradasi batuan yang rapat air, serta kekerasannya dari batuan penyusunnya.

Berdasarkan evaluasi yang pernah dilakukan menunjukkan bahwa evaluasi kemampuan daya tahan (durability) campuran perkerasan lentur dapat dilakukan pada jangka waktu yang pendek atau pada jangka waktu yang lama dengan uji perendaman dengan air panas. Standar pengujian di laboratorium adalah selama 1 hari perendaman pada bak air dengan suhu  $60^\circ\text{C}$  atau selama lebih dari 4 hari dengan suhu  $50^\circ\text{C}$ .

Umumnya perilaku perubahan campuran belum tentu terlihat perubahannya pada perendaman selama 1 hari dibanding perendaman yang dilakukan dalam waktu

yang lama. Selain itu campuran yang berbeda dapat serupa tingkat kekuatannya pada perendaman yang berbeda. Sedangkan kualitas campuran dapat menurun secara drastis pada hari pertama atau kedua, tetapi tingkat keausan agregat penyusunnya dapat bertahan untuk waktu yang lama (Joseph Craush, Ilan Ishai, Arieh Sides, 1981)

Faktor yang mempengaruhi durabilitas campuran lapis aspal beton menurut Silvia Sukirman :

1. Rongga antar campuran (VITM) kecil, sehingga menjadikan lapis kedap terhadap air dan udara, untuk mrenghindari terjadinya oksidasi dan aspal menjadi rapuh/getas.
2. Rongga antar butiran agregat (VFWA) besar, sehingga film aspal dapat dibuat lebih tebal.

Penurunan kemampuan daya tahan setelah perendaman yang lama, sebagian besar tergantung dari jenis filler, oleh karena itu pengaruh jenis filler pada kemampuan daya tahan biasanya terdeteksi setelah waktu perendaman yang lama. Setelah perendaman yang lama, kekuatan agregat mulai menurun dan sifat kimia dari filler mulai terlihat jelas. Jadi dapat dilihat bahwa campuran dengan filler non aktif biasanya kemunduran terlihat secara cepat setelah 4 hari atau 7 hari perendaman , sedangkan yang menggunakan filler aktif biasanya dapat memelihara ketahanan kekuatan untuk waktu perendaman yang lama pada kadar aspal optimum dan kadar aspal yang tinggi. (Joseph Craush, Ilan Ishai, Arieh Sides 1981).

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Konstruksi Perkerasan Jalan**

Perkerasan jalan adalah suatu lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan perkerasan berfungsi untuk menerima dan meneruskan beban lalu lintas ke lapisan tanah dasar *subgrade*, agar tanah tidak mendapatkan tekanan yang melebihi daya dukungnya. (Suprpto Tm., 1995 ).

Perkerasan terdiri dari beberapa lapis dengan kualitas bahan makin ke atas makin baik. Perkerasan dapat dikelompokkan menjadi tiga macam, yaitu :

1. Perkerasan lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan ikat agregat.
2. Perkerasan kaku (*rigid pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen portland sebagai bahan ikat agregat.
3. Perkerasan komposit (*composite pavement*), yaitu kombinasi antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku.

Dalam uraian selanjutnya akan dibahas mengenai konstruksi perkerasan lentur. Lapis perkerasan lentur pada prinsipnya tersusun atas tiga bagian. Bagian-bagian tersebut yaitu lapis pondasi bawah (*subbase*), lapis pondasi atas (*base*), dan lapis permukaan (*surface*). Sebelum lapis permukaan biasanya terdapat lapis pengikat (*binder*).

Fungsi terpenting dari lapis keras jalan secara struktural adalah mendukung beban lalu lintas, kemudian menyalurkan pada tanah dasar secara merata. Adapun fungsi dari tiap lapisan adalah :



1. Lapisan permukaan
  - a. Fungsi struktural, yaitu memikul beban lalu lintas secara langsung dan mendistribusikan beban tersebut ke lapisan di bawahnya.
  - b. Fungsi non struktural, yaitu :
    - 1) lapis kedap air, mencegah masuknya air hujan ke lapis perkerasan yang ada di bagian bawah,
    - 2) membentuk permukaan yang tetap rata, agar kendaraan dapat berjalan dengan keamanan dan kenyamanan cukup, dan
    - 3) Membentuk permukaan dengan kekesatan *skid resistance* yang aman.
2. Lapis pondasi atas (*base*).

Lapis pondasi atas adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah.

Fungsi lapis pondasi atas, adalah :

  - a. bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban ke lapisan dibawahnya,
  - b. lapis peresapan untuk lapisan pondasi bawah, dan
  - c. bantalan terhadap lapisan permukaan.
3. Lapis pondasi bawah (*subbase*)

Lapisan pondasi bawah adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis pondasi atas dan tanah dasar.

Fungsi lapis pondasi bawah adalah :

  - a. menyebarkan roda kendaraan,
  - b. lapis peresapan, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi,
  - c. mencegah tanah dasar masuk ke lapisan pondasi (akibat tekanan roda dari atas),
  - d. lapisan pertama untuk perkerasan, karena tanah dasar pada umumnya lemah, dan
  - e. lapisan untuk mencegah partikel-partikel halus tanah dasar naik ke lapis pondasi atas.

#### 4. Tanah dasar (*subgrade*)

Tanah dasar adalah permukaan tanah semula, permukaan galian dan atau timbunan yang dipadatkan. Tanah dasar yang telah dipadatkan merupakan lapisan dasar untuk meletakkan bagian-bagian perkerasan di atasnya.

Perencanaan perkerasan jalan, seperti rencana penggunaan bahan teknik lainnya, pada umumnya merupakan soal dalam pemilihan dan perbandingan material untuk mendapatkan sifat-sifat yang diharapkan pada hasil akhir.

Tujuan umum dari rencana perkerasan dengan bahan ikat aspal adalah menetapkan suatu hubungan gradasi agregat dan bitumen yang akan menghasilkan campuran dengan beberapa sifat :

- a. Bitumen yang cukup untuk menjamin keawetan perkerasan.
- b. Fleksibilitas yang memadai sehingga memenuhi kebutuhan lalu lintas.
- c. Rongga yang memadai dalam total campuran padat sehingga masih memungkinkan adanya sedikit tambahan pemadatan akibat beban lalu lintas tanpa terjadi *bleeding* dan hilangnya stabilitas, namun cukup rendah untuk menahan masuknya udara dan kelembaban yang berbahaya.
- d. Cukup mudah dikerjakan untuk dapat melaksanakan penghamparan campuran secara efisien tanpa menimbulkan segregasi.

### 3.2 Karakteristik Perkerasan

Karakteristik perkerasan merupakan sifat-sifat khusus perkerasan yang dapat menentukan tinggi dan rendahnya mutu suatu perkerasan. Karakteristik perkerasan yang baik akan dapat memberikan pelayanan terhadap lalu lintas yang direncanakan, baik berupa kekuatannya (sesuai umur rencana), keawetan serta kenyamanan.

Karakteristik tidak lepas dari mutu dan komposisi bahan penyusunnya, terutama perilaku aspal apabila telah berada dalam campuran perkerasan. Adapun karakteristik perkerasan dapat ditunjukkan oleh parameter berikut ini.

### 3.2.1 Stabilitas

Stabilitas lapisan perkerasan jalan adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk *deformasi* yang konsisten, seperti gelombang, alur maupun *bleeding*.

Kebutuhan pada stabilitas setingkat dengan jumlah lalu lintas dan beban kendaraan yang akan menggunakan jalan tersebut. Volume lalu lintas tinggi dan beban yang berat, menuntut stabilitas perkerasan yang lebih besar jika dibandingkan dengan keadaan sebaliknya. Stabilitas dicapai dari hasil gesekan antar partikel agregat, penguncian antar partikel agregat dan daya ikat antar lapisan aspal.

Beberapa variabel yang berhubungan dengan stabilitas lapis perkerasan antara lain gesekan, kohesi dan inersia.

Gaya gesek bergantung pada tekstur permukaan, gradasi agregat, bentuk batuan, kerapatan campuran dan kadar aspal. Hal ini kemudian dikombinasikan antara gesekan dan kemampuan saling mengunci antar agregat dalam campuran.

Kohesi merupakan sifat daya lekat masing-masing partikel bahan perkerasan. Kohesi agregat dapat diamati pada sifat kekerasannya, sedangkan kohesi campuran sangat bergantung pada gradasi agregat, kerapatan campuran, disamping daya adhesi antara aspal dan agregat itu sendiri.

Inersia merupakan kemampuan lain perkerasan untuk menahan perpindahan tempat *resistance to displacement* yang mungkin terjadi sebagai akibat beban lalu lintas, karena besar beban maupun jangka waktu pembebanan.

### 3.2.2 Keawetan (*Durabilitas*).

Keawetan/durabilitas merupakan kemampuan lapisan permukaan untuk menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air dan perubahan temperatur maupun keausan akibat gesekan roda kendaraan. Lapisan perkerasan dapat berubah karena oksidasi dan pelapukan yang disebabkan oleh pengaruh cuaca.

Pada umumnya durabilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan memberikan kadar aspal yang tinggi, batuan yang bergradasi terbuka serta campuran yang tidak *permeable* pada campuran perkerasan.

Dipandang dari sudut jumlah aspal yang digunakan dapat dikatakan bahwa makin banyak kadar aspal maka lapisan aspal yang menyelimuti tiap butir batuan semakin tebal, sehingga perkerasan lebih tahan lama karena berkurangnya pori-pori yang ada dalam campuran sehingga air dan udara sukar masuk ke dalam perkerasan.

Gaya pengausan yang terjadi dapat diredam dengan menggunakan batuan dengan sifat kekerasan yang tinggi, tetapi jika aspal berlebihan dapat menimbulkan kelelahan (*bleeding*) pada perkerasan bila terkena perubahan temperatur yang tinggi.

### **3.2.3 Kelenturan (*Fleksibilitas*).**

Fleksibilitas lapis perkerasan adalah kemampuan lapis perkerasan mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas yang berulang, tanpa mengakibatkan perubahan letak dan perubahan volume.

Fleksibilitas, dengan kata lain, adalah kemampuan campuran untuk bersesuaian terhadap gerakan lapis pondasi dalam jangka panjang, disamping mempunyai kemampuan untuk melekok/melentur secara berulang tanpa terjadi patahan *fatigue resistance*.

Nilai fleksibilitas dapat dimaksimalkan dengan penggunaan aspal pada kadar yang tinggi dan menggunakan gradasi terbuka (*open graded*).

### **3.2.4 Tahanan Gesek / kekesatan / *Skid Resistance***

Kekesatan/*skid resistance* adalah kemampuan lapis permukaan/*surface* pada lapis perkerasan untuk mencegah terjadinya selip dan tergelincirnya roda kendaraan baik diwaktu basah maupun diwaktu kering.

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

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

### 3.2.5 Ketahanan Kelelahan (*Fatigue Resistance*)

Ketahanan kelelahan adalah ketahanan dari *split mastic asphalt* dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya alur/*rutting* dan retak.

Faktor yang menyebabkan terjadinya kelelahan antara lain karena adanya rongga udara yang tinggi dan kadar aspal yang rendah dalam campuran perkerasan yang akan menyebabkan retak. Sedangkan rongga antar butiran dan kadar aspal yang tinggi dapat menyebabkan lapis perkerasan menjadi terlalu fleksibel dan lunak sehingga terjadi alur (*rutting*).

### 3.2.6 Kemudahan Dalam Pelaksanaan (*Workability*)

Yang dimaksud dengan kemudahan dalam pelaksanaan adalah mudahnya suatu campuran untuk dihamparkan dan dipadatkan, sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang sesuai dengan yang diharapkan.

Faktor lain yang mempengaruhi adalah temperatur campuran terutama bahan pengikat yang bersifat termoplastik, serta kandungan *filler* yang tinggi menyebabkan pelaksanaan sukar karena viskositas naik.

## 3.3 Syarat-syarat Kekuatan / Struktural

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

1. Ketebalan yang cukup, sehingga mampu menyebarkan beban/muatan lalu lintas ke *base course*.
2. Kedap terhadap air, sehingga air tidak meresap kelapisan dibawahnya.
3. Permukaan mudah mengalirkan air, sehingga air hujan yang jatuh diatasnya dapat cepat mengalir.
4. Memiliki stabilitas yang cukup dan dapat mendukung beban lalu lintas tanpa terjadi deformasi bergelombang atau desakan kesamping.
5. Tidak terjadi retakan akibat beban lalu lintas.
6. Campuran aspal harus memiliki keawetan yang cukup tinggi dan tidak mudah lapuk akibat beban lalu lintas dan pengaruh cuaca.

Untuk dapat memenuhi syarat tersebut diatas, perencanaan konstruksi perkerasan lentur jalan harus mencakup berikut ini.

1. Perencanaan tebal masing-masing perkerasan.
2. Berdasarkan daya dukung *base course*, beban lalu lintas, keadaan lingkungan dan jenis lapisan perkerasan yang dipilih.
3. Analisis campuran bahan.
4. Pengawasan pelaksanaan pekerjaan yang cermat mulai dari tahap penyiapan lokasi dan material sampai tahap pencampuran atau penghamparan dan akhirnya pemadatan.

### 3.4 Split Mastic Asphalt (SMA)

#### 3.4.1 Pengertian Umum

*Split mastic asphalt* adalah campuran panas *hotmix* pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran agregat yang bergradasi terbuka, aspal keras dan bahan tambah. Dari tiga jenis *Split Mastic Asphalt* yang ada, yaitu : SMA 0/5; SMA 0/8; SMA 0/11, yang dikembangkan di Indonesia adalah SMA 0/11.

Split Mastic Asphalt mempunyai beberapa kelebihan antara lain : tahan terhadap oksidasi, cuaca panas, deformasi pada temperatur tinggi, cukup fleksibel dan aman untuk lalulintas. Disamping itu Split Mastic Asphalt juga mempunyai beberapa kekurangan antara lain : dalam praktek dilapangan gradasi ideal masih sulit dicapai , memerlukan bahan tambah untuk stabilisasi bitumen, dan memerlukan bahan pengisi yang cukup banyak.

**Tabel 3.1.** Gradasi Split Mastic Asphalt 0/11 Menurut Bina Marga

NO.	Ukuran Saringan (mm)	Lolos Saringan (mm)	Lolos Ideal (mm)
1	12,70	100	100
2	11,20	90-100	95
3	8,00	50-75	62,5
4	5,00	30-50	40
5	2,00	20-30	25
6	0,71	13-25	19
7	0,25	10-20	15
8	0,09	8-13	10,5

### 3.4.2 Spesifikasi Teknik (Bina Marga) tahun 1992

Karakteristik dari SMA (*Split Mastic Asphalt*) yang disyaratkan oleh Bina Marga adalah :

- a. agregat kasar dengan ukuran  $> 2$  mm dengan jumlah fraksi antara 70% - 80%,
- b. *mastic asphalt* : campuran agregat halus, filler, aspal dan bahan tambah akan membentuk lapisan film yang tebal, dan
- c. menggunakan bahan tambah berupa serat selulosa yang berfungsi memperbaiki sifat-sifat aspal.

### 3.4.3 Sifat-sifat SMA

Sifat-sifat *Split Mastic Asphalt* (SMA) seperti yang terdapat pada Tabel 3.2 berikut ini:

**Tabel 3.2. Sifat-sifat SMA (*Split Mastic Asphalt*)**

No	Sifat <i>Split Mastic Asphalt</i>	Karakteristik	Syarat
1	Mampu melayani lalu lintas berat	Stability Marshall	$> 750$ kg
		Flow Marshall	2 - 4
2	Tahan terhadap oksidasi	Lapisan film aspal tebal	$> 10\mu$
3	Tahan terhadap deformasi permanen pada temperatur yang tinggi	Nilai stabilitas dinamis	$> 1500$ lintasan/mm
4	Kelenturan (fleksibel)	Koefisien Marshall Stabilitas / flow	190 - 300
5	Tahan terhadap cuaca panas atau temperatur tinggi	Titik lembek (aspal + serat selulosa)	$60^{\circ}\text{C}$
6	Kedap air	Rongga udara	3% - 5%
		Indeks perendaman	$> 75\%$ ( $60^{\circ}\text{C}$ , 48 jam)
7	Aman untuk lalu lintas	Nilai kekesatan	$> 0,6$
8	Tingkat keseragaman campuran yang tinggi	Kadar agregat kasar	tinggi
		Viskositas	tinggi

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga DPU, 1993, Jakarta

### 3.4.4 Bahan Pendukung

#### a. Aspal Keras / Semen (AC)

Aspal semen pada temperatur ruang (25°C - 30°C) berbentuk padat. Aspal semen terdiri atas beberapa jenis yang tergantung pada proses pembuatannya dan jenis minyak bumi asalnya. Pengelompokan aspal semen dapat dilakukan berdasarkan nilai penetrasi pada temperatur 25°C ataupun berdasarkan nilai viskositasnya.

Pemilihan aspal sebagai bahan pengikat pada campuran panas "hotmix" harus dipenuhi syarat-syarat sebagai berikut ini :

1. Kekakuan / kekerasan *Stiffnes*.

Aspal yang digunakan harus mempunyai kekerasan yang cukup, setelah berfungsi sebagai bahan jalan.

2. Sifat mudah dikerjakan *Workability*.

Sifat mudah dikerjakan terutama pada pelaksanaan penggelaran dan pemadatan. Untuk memperoleh lapis perkerasan yang padat. Sifat mudah dikerjakan dapat dicapai dengan pemanasan *heating*, penambahan pengencer dan penambahan bahan pengencer.

3. Kuat tarik *Tensile Strength* dan *adhesi*.

Sifat kuat tarik dan *adhesi* diperlukan agar lapis perkerasan yang dibuat akan tahan terhadap kerusakan, jika :

- a. retak/*cracking*, ditahan oleh kuat tarik,
- b. pengelupasan *fretting stripping*, ditahan oleh *adhesi*, dan
- c. goyah/*raveling*, ditahan oleh kuat tarik dan *adhesi*.

4. Tahan terhadap cuaca

Ketahanan terhadap cuaca diperlukan agar perkerasan tetap memiliki tahanan gesek / *skid resistance*.

Sesuai dengan fungsi aspal sebagai lapis permukaan jalan, aspal harus dapat mengeras. Beberapa faktor yang dapat menyebabkan aspal mengeras antara lain :

1. Oksidasi (*oxidation*).

Oksigen (O<sub>2</sub>) diserap aspal pada suhu rendah yang akan membentuk lapisan tipis yang keras. Jika lapisan tipis ini pecah, maka akan terjadi oksidasi lagi pada lapis yang ada di bawahnya, demikian seterusnya.



Lapis tipis ini mengandung komponen yang larut dengan air, sehingga kalau ada air akan terbawa oleh air. Proses oksidasi inilah yang mengakibatkan terus berkurangnya kadar aspal dalam konstruksi lapis keras. Dengan gradasi yang rapat dan kepadatan yang baik maka dapat dihindarkan masuknya air dan udara dalam konstruksi, sehingga terjadinya proses oksidasi dapat dikurangi semaksimal mungkin.

2. *Volatilization*

*Volatilization* adalah penguapan/*evaporasi* dari bagian-bagian yang lebih ringan berat molekulnya *maltese*. Penambahan temperatur akan mempercepat gejala penguapan, misalnya pada waktu *mixing process* sebab kecuali temperaturnya tinggi juga disertai pengadukan yang kuat. Hal ini menyebabkan aspal haruslah dibawah titik nyala, serta proses pencampuran tidak terlalu lama.

3. *Polymerization*.

*Polymerization* adalah penggabungan molekul-molekul sejenis untuk membentuk molekul yang lebih besar. Menurut penelitian didapatkan bahwa, *resins* adalah bagian yang paling mudah berubah-ubah, baik berubah menjadi *asphaltenese* atau *oils*. Sifat polimerisasi ini menyebabkan aspal menjadi getas, sehingga berakibat jalan mudah retak *cracking*.

4. *Thixotrophy*.

*Thixotrophy* adalah perubahan viskositas aspal, jika aspal tidak mendapatkan tegangan, peristiwa ini berlangsung pada komposisi kimia yang sama. Hal ini dapat dihilangkan dengan cara memberikan beban pada aspal.

5. *Separation*.

*Separation* adalah pemisahan *resins* atau *oils* atau *asphaltenese* dari aspalnya. Peristiwa ini dapat terjadi pada waktu berlangsungnya proses pencampuran agregat dan aspal, yaitu saat penyerapan selektif aspal oleh agregat. Jadi jika yang diserap adalah *resins* atau *oil*-nya, aspal yang tertinggal akan mengeras. Sebaliknya apabila yang diserap *asphaltenese*-nya, aspal akan bertambah lunak.

## 6. *Synerisis*

*Synerisis* adalah penampakan noda-noda pada permukaan aspal. Warna noda tidak homogen. Noda ini disebabkan oleh terjadinya pembentukan baru dalam aspal. Struktur baru tersebut ditampakkan pada permukaan aspal. Struktur baru tersebut pada umumnya merupakan bagian dengan berat molekul besar. Bagian ini menyebabkan aspal yang berada pada bagian permukaan menjadi mengeras.

Aspal yang sudah mengeras oleh sebab apapun, kualitasnya sudah menurun. Daya tahan *durability*, daya ikat *adhesi* dan kadar aspal telah menurun. Aspal yang mengeras juga bersifat getas *brittle*.

Bertambahnya kadar aspal dalam campuran *split mastic asphalt* dengan bahan tambah serat selulosa (SMA + S) akan memperbaiki kemampuan campuran tersebut.

Kadar aspal yang tinggi pada campuran gradasi terbuka/*open graded* pada *split mastic asphalt* menurut Bina Marga memiliki sifat-sifat sebagai berikut :

1. bertahan lebih lama ( aspal tidak cepat menjadi getas dan kurang mengalami oksidasi),
2. lebih fleksibel (lendutan lebih besar pada perkerasan dapat ditoleransi),
3. lebih tahan terhadap kemungkinan retak-retak akibat kelelahan,
4. lebih kedap air, dan
5. lebih mudah mengerjakan dan memadatkannya.

Kadar aspal dalam campuran dapat dibagi dalam beberapa keadaan, yaitu :

1. keadaan pertama, aspal hanya sekedar menyelimuti permukaan butir saja, sehingga daya lekat kurang kuat. Bila ada gaya geser maka konstruksi akan mudah terlepas dan menjadi retak-retak,
2. keadaan kedua, selain menyelimuti butir-butir batuan aspal juga masih mempunyai cadangan dan berguna apabila konstruksi terkena gaya geser maka masih ada aspal yang dapat menahannya sehingga susunan butiran tidak akan mudah terlepas satu sama lain,
3. keadaan ketiga, aspal mengisi penuh seluruh rongga-rongga, keadaan ini tidak menguntungkan karena jalan menjadi licin. Hal ini disebabkan oleh naiknya

sebagian aspal ke permukaan jalan apabila jalan tersebut terkena roda kendaraan atau akibat sinar matahari, dan

4. keadaan keempat, kadar aspal melebihi dari kebutuhan sehingga batuanannya seolah-olah terapung dalam masa aspal. Keadaan ini menyebabkan kedudukan butiran menjadi tidak stabil dan mudah tergeser sehingga apabila ada gaya vertikal atau gaya horisontal, konstruksi ini akan mudah bergelombang.

Pemakaian aspal yang banyak juga akan mempertinggi durabilitas. Tetapi kadar aspal yang berlebihan akan berakibat aspal menjadi pelicin pada suhu tinggi. Untuk itulah perlu dicari kadar aspal optimum untuk lapisan keras beton aspal.

Pada penelitian ini menggunakan aspal semen AC 60 - 70 yaitu "Asphalt Cement" dengan penetrasi antara 60 - 70. Persyaratan aspal 60 - 70 diberikan pada Tabel 3.3 berikut ini:

**Tabel 3.3. Hasil Pemeriksaan Aspal AC 60 – 70**

No	Jenis Pemeriksaan	Cara Pemeriksaan	Syarat *)		Satuan
			Min	Maks	
1	Penetrasi (25°C, 5 detik)	PA. 0301-76	60	79	0,1 mm
2	Titik Lembek (Ring & Ball)	PA. 0302-76	48	48	°C
3	Titik Nyala	PA. 0303	200	-	°C
4	Kehilangan Berat (160°C, 5 jam)	PA. 0304	-	0,8	% berat
5	Kelarutan (CCl <sub>4</sub> )	PA. 0305-76	99	-	% berat
6	Daktilitas (25°C, 5 cm/menit)	PA. 0306-76	100	-	Cm
7	Penetrasi Setelah Kehilangan Berat	PA. 0301-76	54	-	% awal
8	Daktilitas Setelah Kehilangan Berat	PA. 0306-76	50	-	Cm
9	Berat Jenis (25°C)	PA. 0307-76	1	-	gr/cc

\*) Sumber : SNI No. 1737. 1989/F jo. SKBI – 2. 426. 1987, DPU

**b. Agregat.**

Permeabilitas suatu campuran, sangat menentukan daya tahan lapis perkerasan, tidak saja bergantung pada kandungan volume rongga udara tetapi ditentukan pula oleh gradasi agregatnya. Gradasi atau distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas perkerasan. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga udara antar butir yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan dalam proses pelaksanaan.

Gradasi agregat diperoleh dari hasil analisa saringan dengan menggunakan satu set saringan. Saringan paling kasar diletakkan diatas dan saringan paling halus diletakkan paling bawah. Di bawah saringan terkecil diletakkan PAN. Satu set saringan dimulai dari PAN dan diakhiri dengan tutup. Gradasi agregat dapat dibedakan sebagai berikut ini :

**1. Gradasi seragam (uniform graded)**

Gradasi seragam adalah agregat dengan ukuran yang hampir sejenis atau mengandung agregat halus yang sedikit jumlahnya, sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat. Agregat dengan gradasi seragam akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan sifat permeabilitas tinggi, stabilitas kurang, berat volume kecil.

**2. Gradasi rapat (dense graded)**

Gradasi rapat merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang berimbang. Agregat dengan gradasi rapat akan menghasilkan lapis perkerasan dengan stabilitas tinggi, kurang kedap air, sifat drainasi jelek dan berat volume besar.

**3. Gradasi buruk (poorly graded)**

Agregat buruk merupakan campuran agregat yang tidak memenuhi 2 (dua) katagori di atas. Agregat bergradasi buruk yang umum digunakan untuk lapis perkerasan lentur yaitu gradasi celah "gap graded", merupakan agregat dengan satu fraksi tengah hilang. Agregat dengan gradasi senjang akan menghasilkan lapis perkerasan yang mutunya terletak antara jenis di atas.

Gradasi agregat yang digunakan pada campuran "split mastic asphalt" dengan bahan tambah serat selulosa (SMA + S) berbeda dengan gradasi agregat pada

AC dan IIRS. Gradasi agregat "*split mastic asphalt*" dengan bahan tambah serat selulosa adalah gradasi terbuka "*open graded*" dengan prosentase agregat kasar ( $\geq 2 \text{ mm}$ )  $\geq 75\%$ . Gradasi agregat "*split mastic asphalt*" yang digunakan diberikan pada Tabel 3.4 berikut ini.

**Tabel 3.4. Gradasi "Split Mastic Asphalt" dengan Bahan Tambah Serat Selulosa Menurut Bina Marga**

No	Ukuran Saringan		Lolos Saringan %	Ideal Batas Tengah %
	inch	mm		
1	½	12,70	100	100
2	7/16	11,20	90-100	95
3	5/16	8,00	50-75	62,5
4	No.4	5,00	30-50	40
5	No.10	2,00	20-30	25
6	No.25	0,71	13-25	19
7	No.60	0,25	10-20	15
8	No.170	0,09	8-13	10,5

Sumber :SNI No. 1737. 1989/F jo. SKBI – 2 426. 1987, DPU

Pemilihan agregat yang sesuai untuk digunakan pada konstruksi perkerasan dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor tersebut antara lain ukuran dan gradasi, kekuatan dan kekerasan, bentuk, tekstur permukaan, kelekatan terhadap aspal, kebersihan dan sifat kimiawi.

Persyaratan mutu agregat adalah sebagai berikut :

1. kehilangan berat akibat abrasi mesin Los Angeles (PB.0206-76) maksimal 40%,
2. kelekatan agregat terhadap aspal (PB.0205-76) minimal 95%, dan
3. non plastis.

Secara umum agregat yang digunakan pada campuran aspal beton dibagi menjadi empat fraksi, yaitu :

1. agregat kasar, batuan yang tertahan saringan No. 8,
2. agregat halus, batuan yang lolos saringan No. 8 dan tertahan saringan No. 30,
3. bahan pengisi, bahan yang lolos saringan No. 30 dan tertahan saringan No. 200, n
4. filler, fraksi agregat halus yang lolos saringan No. 200.

### c. Filler

Filler sebagai bagian dari agregat penyusun lapis perkerasan jalan mempunyai peranan penting. Partikel pengisi efektif dalam mereduksi sifat kepekaan campuran perkerasan terhadap perubahan suhu.

Filler perlu ditambahkan pada campuran beton aspal yang kurang pada komposisi material lolos saringan No. 200 (0,075). Bahan pengisi yang dapat digunakan antara lain debu batu, kapur, debu dolomit atau semen. "Filler" harus dalam keadaan kering (kadar air maksimal 1%). "Filler" yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen portland dan limbah industri marmer yakni efek samping dari proses penggergajian dan penghalusan batu marmer.

Jika filler yang digunakan dalam campuran tidak dihitung sebagai bagian dari agregat, maka prosentase kadar filler harus ditentukan terlebih dahulu. Prosentase kadar filler tersebut kemudian dikalikan dengan berat total campuran untuk mendapatkan berat filler dalam campuran. Berat filler dalam campuran harus terdiri dari susunan gradasi mineral filler. Gradasi mineral filler diberikan pada Tabel 3.5 berikut ini:

**Tabel 3.5. Gradasi mineral filler**

Ukuran saringan		% lolos	% lolos ideal
Mm	inch		
0,59	no. 30	100	100
0,279	no. 50	95 – 100	97,5
0,149	no. 100	90 – 100	95
0,174	no. 200	70 – 100	85

Sumber : SNIL No. 1737. 1989/F jo. SKBI-2. 2426. 1987

#### 3.4.5 Bahan Tambah "Additive"

Sebagai bahan tambah didalam campuran "Split Mastic Asphalt" (SMA) adalah serat selulosa jenis "Roadcell 50" dengan kadar berkisar 0,2% - 0,3% terhadap total campuran. Persyaratan umum dari Bina Marga yang harus dipenuhi untuk serat selulosa agar dapat digunakan sebagai bahan tambah pada campuran panas, adalah :

1. mudah terdistribusi secara merata dalam campuran kering "*split mastic asphalt*" campuran panas pada temperatur 160°C - 170°C,
2. dapat dipisahkan atau diekstraksi kembali dari "*split mastic asphalt*",
3. tahan terhadap temperatur campuran panas sampai 250°C minimum selama waktu pencampuran, dan
4. dengan kadar serat selulosa 0,3% terhadap berat campuran panas dapat meningkatkan ketahanan aspal terhadap temperatur atau titik lembek aspal.

Karakteristik dari serat selulosa jenis "*Roadcell 50*" yang digunakan sebagai bahan tambah pada campuran "*Split Mastic Asphalt*" diuraikan pada Tabel 3.6 berikut ini.

**Tabel 3.6. Sifat-sifat Serat Selulosa jenis "*Roadcell 50*"**

No.	Karakteristik	Satuan	Syarat
1	Warna	-	Abu-abu
2	Kandungan selulosa	%	90
3	Struktur	-	Serat Fiber
4	Panjang serat	micro meter	5000
5	Rata-rata panjang serat	micro meter	1400
6	Rata-rata diameter serat	micro meter	40
7	Berat jenis	Gr/l	30
8	PH	-	7 ± 1
9	Sisa pada pembakaran (850°C/4 jam)	%	5

Sumber : modul "*Roadcell 50*", PT. Olah Bumi Mandiri

#### **BAB IV**

#### **HIPOTESIS**

Hipotesa pada penelitian ini adalah dengan melihat bentuk fisik antara abu batu dengan limbah marmer kemungkinan campuran yang menggunakan limbah marmer akan mempunyai kualitas campuran yang lebih baik dibanding campuran yang menggunakan filler abu batu. Penelitian ini untuk mencari kemungkinan hasil yang berbeda dan juga untuk mengetahui hasil optimum penggunaan filler abu marmer dan abu batu pada campuran *SMA - S*. Sehingga dengan mengetahui hasil tersebut dimungkinkan pemakaian filler abu batu ataupun abu batu marmer sebagai bahan pengikat campuran perkerasan.



## **BAB V**

### **METODE PENELITIAN**

#### **5.1. Cara Memperoleh Data**

Data diperoleh setelah dilakukan serangkaian pemeriksaan terhadap bahan yang digunakan untuk benda uji. Pemeriksaan tersebut meliputi :

#### **5.2. Pemeriksaan dan Pengujian Bahan**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebelumnya diuji di laboratorium untuk mendapatkan bahan penelitian yang memenuhi syarat. Adapun pengujian yang dilakukan sebelumnya adalah :

##### **a. Pemeriksaan Agregat**

1. Tingkat keausan/ketahanan agregat terhadap penghancuran diperiksa dengan percobaan abrasi yang menggunakan mesin Los Angeles berdasarkan PB-0206-76. Nilai abrasi menunjukkan banyaknya benda uji yang hancur akibat tumbukan dan gesekan antara partikel dan bola-bola baja pada saat terjadinya putaran. Nilai abrasi  $\leq 40$  % menunjukkan agregat tidak mempunyai keausan yang cukup untuk digunakan sebagai bahan lapis perkerasan.
2. Daya lekat terhadap aspal, dilakukan sesuai dengan prosedur PB-0205-76. Kelekatan agregat terhadap aspal yang dinyatakan dalam prosentase luas permukaan batuan yang tertutup aspal terhadap keseluruhan permukaan dan besarnya minimal 95 %.

3. Penyerapan air oleh agregat, dilakukan untuk mengetahui besarnya air yang terserap oleh agregat. Besarnya air yang diijinkan mempunyai nilai maksimum 3%. Air yang telah terserap oleh agregat sukar dihilangkan seluruhnya walau melalui proses pengeringan, sehingga mempengaruhi daya lekat aspal terhadap agregat.
4. Berat jenis (specific gravity) adalah perbandingan antara berat volume agregat. Dalam penelitian ini mendapatkan volume agregat digunakan air suling. Pemeriksaan berat jenis mengikuti prosedur PB-0206-76 dengan persyaratan minimum 2,5 gr/cc. Besarnya berat jenis agregat penting untuk diketahui karena perencanaan agregat dengan aspal berdasarkan perbandingan berat dan juga untuk menentukan banyaknya pori.
5. Sand Equivalent Test, dilakukan untuk mengetahui kadar debu/bahan yang menyerupai lempung pada agregat halus. Sand Equivalent dilakukan untuk agregat lolos saringan no. 4 sesuai prosedur PB-0203-76. Nilai yang disyaratkan minimal 50 %. Adanya lempung dapat mempengaruhi mutu campuran agregat dengan aspal, karena lempung dapat membungkus partikel-partikel agregat sehingga ikatan antara agregat dengan aspal berkurang. Juga adanya lempung mengakibatkan luas permukaan yang diselimuti aspal bertambah.

Agregat yang akan digunakan harus memenuhi persyaratan-persyaratan yang telah ditentukan.. Untuk agregat kasar yang akan digunakan adalah hasil stone crusher PT. Gebyar Selo Artha Mas, Clereng Kulon Progo, dan abu marmer sebagai filler yang digunakan adalah hasil limbah dari kerajinan batu marmer yang berada di daerah Tulungagung, Jawa Timur. Adapun persyaratan-persyaratan tersebut terlihat pada tabel-tabel dibawah ini :

**Tabel 5.1. Persyaratan Agregat Kasar.**

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat *)
1	Keausan Agregat (Los Angeles)	$\leq 40 \%$
2	Kelekatan Terhadap Aspal	$\geq 50 \%$
3	Penyerapan Air	$\leq 3 \%$
4	Berat Jenis Semu	$\geq 2,5 \%$

\*) Sumber : SNI. No. 1737. 1989-F jo. SKBI-2.426.1987, DPU

**Tabel 5.2. Persyaratan Agregat Halus.**

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat *)
1	Nilai Sand Equivalent	$\geq 50 \%$
2	Penyerapan Air	$\leq 3 \%$
3	Berat Jenis Semu	$\geq 2,5 \%$

\*) Sumber : SNI. No. 1737. 1989-F jo. SKBI-2.426.1987, DPU

#### **b. Pemeriksaan Filler**

Filler merupakan bagian dari agregat yang mempunyai fraksi sangat halus. Filler dapat berupa debu batu, debu kapur, semen portland dan lain-lain. Khusus dalam penelitian ini filler yang digunakan adalah debu batu dan limbah industri marmer yang berupa abu batu marmer. Perlu diperhatikan bahwa filler tersebut harus bebas dari kotoran dan dalam keadaan kering (kadar air maksimum 1%).

#### **c. Pemeriksaan Aspal**

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

#### 1. Pemeriksaan penetrasi

Pemeriksaan ini dilakukan untuk menentukan penetrasi bitumen keras atau lembek dengan memasukan ukuran jarum tertentu, beban dan waktu tertentu kedalam bitumen dengan suhu tertentu pula. Bertujuan untuk memeriksa tingkat kekerasan aspal. Prosedur pemeriksaan mengikuti PA-0302-76. Besarnya penetrasi untuk aspal AC 60-70 adalah antara 60 - 79. Pemeriksaan ini dilakukan dengan menggunakan aspal murni tanpa menggunakan bahan tambah.

#### 2. Pemeriksaan titik lembek

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mencari temperatur pada saat aspal menjadi lunak. Pemeriksaan ini menggunakan cincin yang terbuat dari kuningan dan bola baja dengan diameter 9,53 mm seberat 3,5 gram. Titik lembek adalah suhu dimana suatu lapisan aspal dalam cincin yang diletakkan secara horisontal didalam larutan air atau gliserin yang dipanaskan secara teratur menjadi lembek dan jatuh pada ketinggian 1 inchi (2,54 cm) dari pelat dasar. Pemeriksaan mengikuti PA 0302-76 dengan besarnya nilai yang disyaratkan 48°C sampai dengan 58°C. Pemeriksaan ini tanpa menggunakan bahan tambah apapun.

#### 3. Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan suhu pada saat terlihat nyala singkat pada suatu pada permukaan aspal (titik nyala) dan suhu pada saat terlihat nyala sekurang-kurangnya 5 detik pada suatu titik pada permukaan aspal (titik bakar). Pemeriksaan ini mengikuti prosedur PA-0302-76, dengan besarnya nilai yang disyaratkan minimum 200°C.

#### 4. Berat jenis

Pemeriksaan ini untuk menentukan berat jenis bitumen keras dengan piknometer. Berat jenis bitumen adalah perbandingan antara berat bitumen dan berat air suling dengan isi/volume yang sama pada suhu tertentu. Prosedur pemeriksaan mengikuti prosedur PA-0307-76. Besarnya BJ aspal yang disyaratkan minimal 1 gr/cc. Berat jenis aspal diperlukan untuk perhitungan dalam analisa campuran.

#### 5. Kelarutan dalam CCl<sub>4</sub>

Pemeriksaan ini dilakukan untuk menentukan jumlah bitumen yang larut dalam carbon tetra chloroid. Jika semua bitumen yang diuji larut dalam CCl<sub>4</sub> maka bitumen tersebut adalah murni. Prosedur pemeriksaan mengikuti PA-0305-76.

#### 6. Daktilitas aspal

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat kohesi dalam aspal itu sendiri yaitu dengan mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik diantara dua cetakan yang berisi bitumen keras sebelum putus, pada suhu dan kecepatan tarik tertentu. Pemeriksaan mengikuti prosedur PA- 0306-76. Besarnya daktilitas aspal yang disyaratkan adalah minimal 100 cm.

### 5.3. Perencanaan Campuran

#### 5.3.1 Gradasi Agregat Ideal

Gradasi agregat ideal merupakan nilai tengah dari spesifikasi teknis SMA (Split Mastie Asfalt) yang mengacu pada peraturan dan persyaratan Direktorat Jendral Bina Marga Departement Pekerjaan Umum, dapat dilihat dalam tabel berikut:

**Tabel 5.3.** Gradasi agregat SMA dengan bahan tambah serat selulosa dari Bina Marga

No.	Ukuran saringan (mm)	Lolos saringan (%)	Ideal, batas tengah (%)
1	12,70	100	100
2	11,20	90 - 100	95
3	8,00	50 - 75	62,5
4	5,00	30 - 50	40
5	2,00	20 - 30	25
6	0,71	13 - 25	19
7	0,25	10 - 20	15
8	0,09	0 - 13	10,5

Sumber : SNI No : 1737. 1989-F jo. SKBI - 2. 426. 1987. DPU

### 5.3.2. Kadar Aspal

Berdasarkan Peraturan dan Persyaratan Direktorat Jendral Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum, maka aspal yang dipakai adalah aspal AC 60-70 dengan variasi kadar aspal antara 6,5 s/d 7,5 terhadap 100% berat kering agregat.

Dalam penelitian ini dipakai kadar aspal 5,5%, 6%, 6,5%, 7%, dan 7,5%.

### 5.4. Pengujian Campuran

Pengujian campuran menggunakan Uji Marshall. Uji Marshall bertujuan untuk mengetahui karakteristik perkerasan. Berdasarkan pemeriksaan diperoleh hasil sebagai berikut :

1. Stabilitas
2. FLOW
3. VITM (*Void in The Total Mix*) (Crauss, J and Ishai, 1977, dalam Shell 1990).
4. VFWA (*Void Filled With Asphalt*)
5. Marshall Quotient

#### 5.4.1 Persiapan Benda Uji

Berat total campuran agregat dan aspal untuk satu jenis benda uji adalah 1200 gr, yang terdiri dari agregat kasar, aspal, agregat halus dan filler. Benda uji masing-masing dibuat tiga buah, dengan variasi kadar aspal sebanyak lima buah, yaitu 5,5%, 6%, 6,5%, 7%, dan 7,5% dan dipakai kadar filler 3 % sehingga jumlah sampel  $5 \times 3 \times 2 = 30$  sampel. Dari 30 sampel tersebut didapatkan kadar aspal optimum untuk SMA+S dengan filler abu batu dan SMA+S dengan filler abu batu marmer. Kemudian pada test Marshall Imersion dipakai kadar aspal optimum, variasi lama perendaman sebanyak 3 variasi yaitu 30 menit (standar Marshall), 1 hari, dan 4 hari dengan suhu 60°C. Jadi total jumlah sampel yang dibuat adalah 48 buah sampel.

Jumlah sampel untuk uji Marshall Standar :

Kadar Aspal (%)	Jumlah	
	Filler Abu Batu	Filler Limbah Marmer
5,5	3	3
6	3	3
6,5	3	3
7	3	3
7,5	3	3
Jumlah	15	15
TOTAL	30	

Jadi total jumlah sampel untuk uji Marshall Standar untuk campuran dengan menggunakan filler abu batu dan campuran dengan menggunakan filler limbah marmer adalah 30 buah sampel.

Jumlah sampel untuk uji perendaman (*Immerston*) :

Lama Perendaman	Jumlah	
	Filler Abu Batu	Filler Limbah Marmer
30 menit	2	2
1 hari	2	2
4 hari	2	2
Jumlah	6	6
TOTAL	12	

Jadi total jumlah sampel untuk uji perendaman untuk campuran dengan menggunakan filler abu batu dan untuk campuran dengan menggunakan filler limbah marmer adalah 12 buah sampel.

Jumlah sampel untuk variasi kadar filler :

Kadar Filler (%)	Jumlah	
	Filler Abu Batu	Filler Limbah Marmer
2,75	1	1
3	1	1
3,25	1	1
Jumlah	3	3
TOTAL	6	

Jumlah sampel untuk variasi kadar filler secara keseluruhan adalah 6 buah sampel.

#### 5.4.2. Pembuatan Benda Uji

Untuk membuat benda uji maka langkah-langkah pembuatannya sebagai berikut :

- a. Proses pembersihan agregat dari kotoran yang menempel dan dikeringkan sampai diperoleh berat tetap pada suhu  $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , untuk selanjutnya agregat-agregat tersebut dipisahkan dengan cara penyaringan kering kedalam fraksi-fraksi yang dikehendaki.
- b. Proses penimbangan untuk setiap fraksi dilakukan untuk mendapatkan gradasi agregat yang ideal pada suatu takaran campuran , dimana berat total campuran untuk benda uji sebesar 1200 gr, yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, aspal dan serat selulosa.
- c. Proses pencampuran (mixing) dilakukan sebagai berikut :
  1. Panci pencampur dipanaskan serta agregat rencana sampai pada suhu  $160^{\circ}\text{C}$  sambil diaduk.
  2. Agregat kering diaduk dengan 0,3% serat selulosa agar distribusi serat dapat merata dengan suhu  $150^{\circ}\text{C}$ .
  3. Kemudian pada suhu  $150^{\circ}\text{C}$  ditambahkan aspal AC 60/70 yang telah dipanaskan kedalam campuran agregat dengan takaran sesuai dengan desain yang telah direncanakan.
  4. Campuran diaduk selama  $\pm 50$  detik.
- d. Proses pemadatan dilakukan sebagai berikut :
  1. Perlengkapan cetakan benda uji serta bagian muka penumbuk dibersihkan dan dipanaskan dengan suhu  $93,3^{\circ}\text{C}$  s/d  $148,9^{\circ}\text{C}$ .
  2. Cetakan benda uji ditimbang ,diukur tinggi dan diameternya.
  3. Letakkan selembar kertas saring/kertas penghisap menurut ukuran cetakan kedalam dasar cetakan.
  4. Masukkan seluruh campuran kedalam cetakan pada suhu  $140^{\circ}\text{C}$ . Kemudian tusuk-tusuk campuran dengan keras menggunakan spatula yang



telah dipanaskan, sebanyak 15 kali keliling pinggiran dan 10 kali di tengahnya.

5. Pemasangan dilakukan dengan alat penumbuk sebanyak 75 kali (direncanakan untuk lalu lintas padat dan beban berat) dengan tinggi jatuh 45,7 cm dan palu pemadat selalu tegak lurus cetakan selama pemasangan dilakukan.
6. Plat alas dan leher sambung dilepas kembali dari cetakan benda uji, cetakan yang berisi benda uji dibalikkan untuk kemudian plat dan leher sambung dipasang kembali ke cetakan benda uji yang telah dibalik.
7. Paa permukaan benda uji yang telah dibalik dilakukan tumbukan sebanyak 75 kali. Dan dilakukan penimbangan dan pengukuran kembali (setelah plat alas dan leher sambung dilepas).
8. Benda uji dikeluarkan dengan hati-hati dari cetakan dan diletakkan diatas permukaan yang rata selama  $\pm 24$  jam pada suhu ruang.

Sebagai contoh pembuatan benda uji untuk kadar aspal 5,5% dapat dilihat dalam tabel 5.7 berikut ini :

**Tabel 5.7.** Perhitungan prosentase agregat dalam pembuatan benda uji.

NO. SARINGAN		BERAT TERTAHAN (gram)		JUMLAH PERSEN (%)		SPESIFIKASI	
mm	inch	Tertahan	Jumlah	Tertahan	Lolos	Min	Max
12,70	1/2	0	0	0	100	100	
11,20	7/16	56,52	56,52	5	95	90	100
8,00	5/16	367,38	423,9	37,5	62,5	50	75
5,00	No. 4	254,34	678,24	60	40	30	50
2,00	No.10	169,56	847,8	75	25	20	30
0,71	No. 25	67,824	915,624	81	19	13	25
0,25	No. 60	45,216	960,84	85	15	10	20
0,09	No. 170	50,868	1011,708	89,5	10,5	8	13
PAN		118,692	1130,4	100	0	Filler Abu Batu Filler Marmer	

Berat Aspal	: 5,5% x 1200 gram	=	66 gram
Berat Serat Selulosa	: 0,3% x 1200 gram	-	3,6 gram
Berat agregat total	:	=	1130,4 gram
Berat benda uji	:	=	1200,0 gram

### 5.4.3. Cara Pengujian

#### a. Persiapan Benda Uji

1. Benda uji dibersihkan dari kotoran-kotoran yang menempel untuk selanjutnya dilakukan penimbangan.
2. Masing-masing benda uji ditempel tanda pengenal.
3. Setiap benda uji diukur tingginya, dilakukan tiga kali pada tempat yang berbeda, kemudian dirata-rata dengan ketelitian 0,1 mm.
4. Benda uji direndam dalam air selama 24 jam pada suhu ruang.
5. Benda uji ditimbang dalam kondisi didalam air.
6. Benda uji ditimbang dalam keadaan kering jenuh (SSD).

#### b. Cara Pengujian Benda Uji

Pengujian benda uji dilakukan sebagai berikut :

1. Benda uji direndam dalam bak perendam (water bath) sesuai dengan variasi waktu perendaman yaitu selama 1 hari, 4 hari dan standar Marshall dengan suhu perendaman 60°C.
2. Kepala penekan Marshall dibersihkan dan permukaanya dilumasi dengan vaselin agar benda uji mudah dilepas.
3. Setelah benda uji dikeluarkan dari water bath segera diletakkan pada alat uji Marshall yang dilengkapi dengan uji kelelahan flow meter dan arloji pembebanan stabilitas.

4. Pembebanan dimulai dengan posisi jarum diatur hingga menunjukkan angka nol, sementara selubung tangkai arloji dipegang dengan kuat terhadap segmen kepala penekan.
5. Kecepatan pembebanan dimulai dengan kecepatan 50 mm/mnt hingga pembebanan maksimum tercapai, yaitu pada saat arloji pembebanan berhenti dan menurun seperti yang ditunjukkan jarum ukur. Pada saat itu dibaca pembebanan maksimum yang terjadi pada flow meter

#### 5.4.4 Peralatan Pengujian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Cetakan benda uji yang berbentuk silinder dengan diameter 10,15 cm, tinggi 8,75 cm lengkap dengan pelat alas dan leher sambung.
- b. Alat penumbuk manual :
  1. Alat penumbuk manual :
    - a. Penumbuk yang memiliki permukaan rata yang berbentuk silinder dengan berat 4,536 kg dan tinggi jatuh bebas 45,70 cm.
    - b. Landasan pematat yang terdiri dari balok kayu yang dilapis dengan plat baja dan dipasang pada lantai baja dikeempat sudutnya.
    - c. Pemegang cetakan benda uji.
    - d. Ejektor yang untuk mengeluarkan benda uji setelah dipadatkan.
  - e. Alat test Marshall
    1. Kepala penekan breaking head yang berbentuk lengkung.
    2. Cincin proving ring dengan kapasitas 2500 kg dengan ketelitian 12,5 kg yang dilengkapi dengan arloji dial tekan dengan ketelitian 0,0025 cm.
    3. Arloji penunjuk kelelahan flow dengan ketelitian 0,25 mm.



- f. Oven yang dilengkapi dengan suhu pengatur , mampu memanasi sampai dengan suhu 200°C (+3°C).
- f. Bak perendam water bath dilengkapi dengan pengatur suhu mulai 20°C sampai dengan 60°C.
- g. Timbangan yang dilengkapi dengan penggantung benda uji yang berkapasitas 2 kg dengan ketelitian 0,1 gram dan timbangan yang berkapasitas 5 kg dengan ketelitian 1 gr.
- h. Pengatur suhu dari logam metal thermometer berkapasitas 250°C dan 100°C dengan ketelitian 0,5 atau 1% dari kapasitas.
- i. Perlengkapan lain yang terdiri :
  - a. Panci untuk memanaskan agregat
  - b. Sendok pengaduk
  - c. Spatula
  - d. Kompor atau pemanas hot plate
  - e. Kantong plastik dan sarung tangan

### 5.5 Anggapan Dasar

Penelitian ini dimaksudkan untuk menganalisis pengaruh perubahan perilaku SMA (Split Mastic Asphalt) dengan bahan tambah Roadcell 50 dengan menggunakan abu batu dan limbah industri marmer sebagai filler kaitannya dengan durabilitas. Berdasarkan nilai-nilai density, VITM, (Void in the Total Mix), VFWA (Void filled With Asphalt), stabilitas, Flow, dan QM ( Marshall Quotient) hasil Marshall immersion test.

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

### 5.6 Cara Analisis.

Dari hasil penelitian yang dilakukan dilaboraturium diperoleh data-data antara lain :

- a. Berat benda uji sebelum direndam (gram).
- b. Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan (saturated surface dry) (gram)
- c. Berat benda uji dalam air (gram)
- d. Tebal benda uji (mm)
- e. Pembacaan arloji stabilitas (mm)
- f. Pembacaan arloji flow (mm)

Dari data-data diatas dapat dihitung nilai-nilai dari density, VITM, VFWA, flow, stabilitas dan QM. Cara perhitungannya sebagai berikut :

1. Berat jenis maksimum teoritis (h)

Dipakai rumus , 
$$h = \frac{100}{\% \text{ agregat} + \% \text{ aspal}} \dots\dots\dots 5.1$$

BJ agregat merupakan gabungan antara agregat kasar dengan agregat halus yang dicari dengan rumus :

$$Bj \text{ Agregat} = \frac{100}{\frac{\% \text{ agregat kasar} + \% \text{ agregat halus}}{bj \text{ agregat kasar} + BJ \text{ agregat halus}}} \dots\dots\dots 5.2$$

2. Berat isi benda uji

Dipakai rumus, 
$$g = \frac{c}{f} , f = d - e \dots\dots\dots 5.3$$

Keterangan :

c = berat benda uji sebelum direndam (gram)

d = berat benda uji jenuh air (gram)

e = berat benda uji di dalam air (gram)

f = volume benda uji (ml)

g = berat isi benda uji (gram/ml)

3. VFWA, % rongga terisi aspal (m)

$$\text{Dipakai rumus, } m = 100 \times \frac{i}{L} \dots\dots\dots 5.4$$

Keterangan :

r = rumus substitusi

l = % rongga dalam campuran

4. VITM, % rongga dalam campuran (n)

$$\text{Dipakai rumus, } n = 100 \left( 100 \times \frac{g}{h} \right) \dots\dots\dots 5.5$$

Keterangan :

G = berat isi benda uji

H = berat jenis maksimum teoritis

5. Stabilitas

Nilai stabilitas diperoleh dari hasil pembacaan arloji stabilitas alat tekan Marshall.

Nilai ini masih harus dikoreksi dengan kalibrasi alat dan angka koreksi ketebalan.

Nilai stabilitas diperoleh dengan rumus :

$$Q = 10,24 \times 0,4536 \times t \dots\dots\dots 5.6$$

Keterangan :

Q = nilai stabilitas

S = pembacaan arloji stabilitas

10,24 = kalibrasi alat

0,4536 = perubah satuan, lb menjadi kg

t = tebal benda uji

6. Kelelahan (flow)

Nilai flow dari arloji flow yang menyatakan besarnya deformasi benda uji dalam satuan 0,01 mm.

7. Marshall Quotient (QM)

Nilai Marshall Quotient didapat dengan membandingkan antara nilai stabilitas dengan flow.

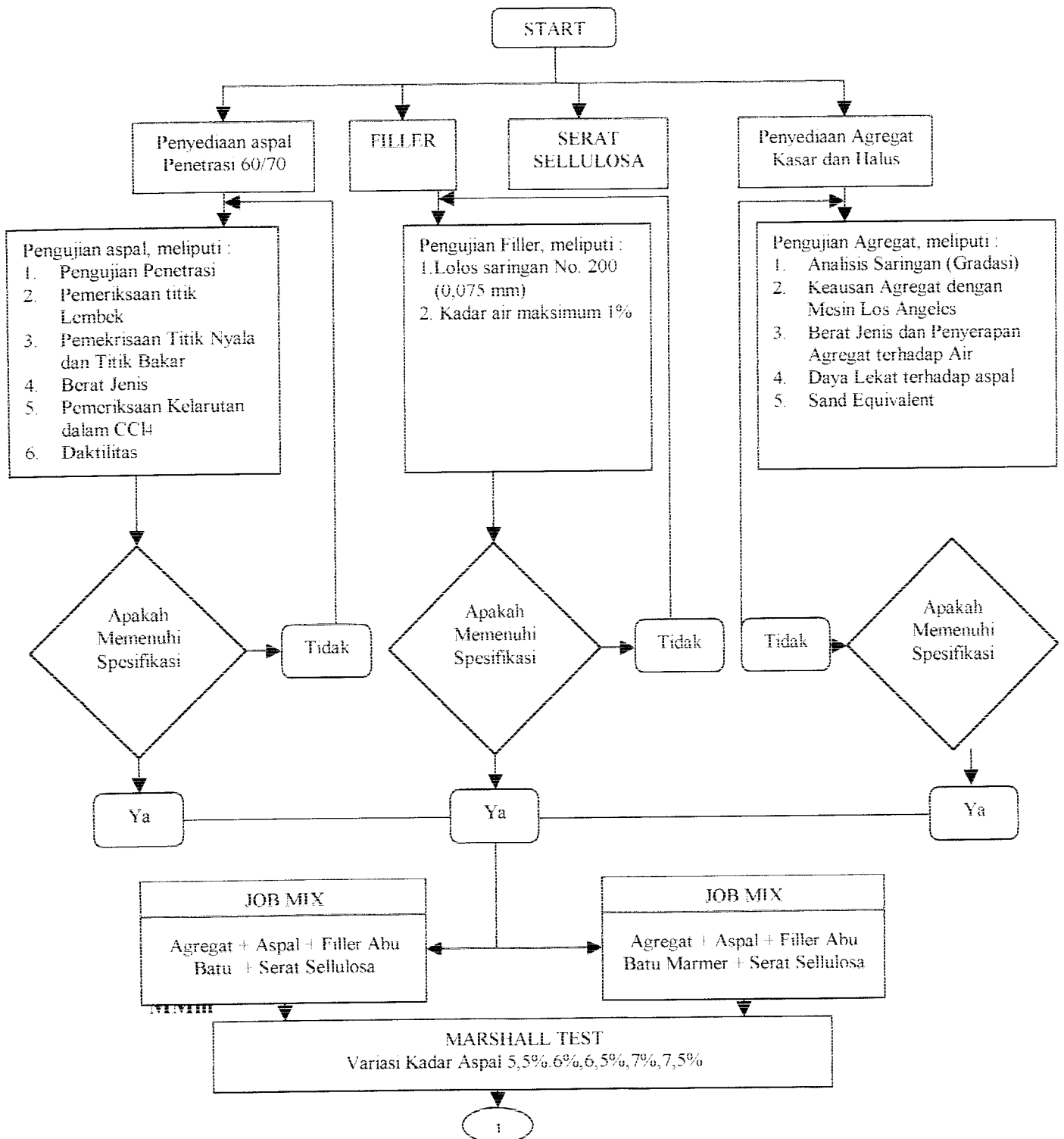
$$QM = \frac{\text{Stabilitas}}{\text{Flow}} \dots\dots\dots 5.7$$

**Tabel 5.7** Angka Koreksi Benda uji

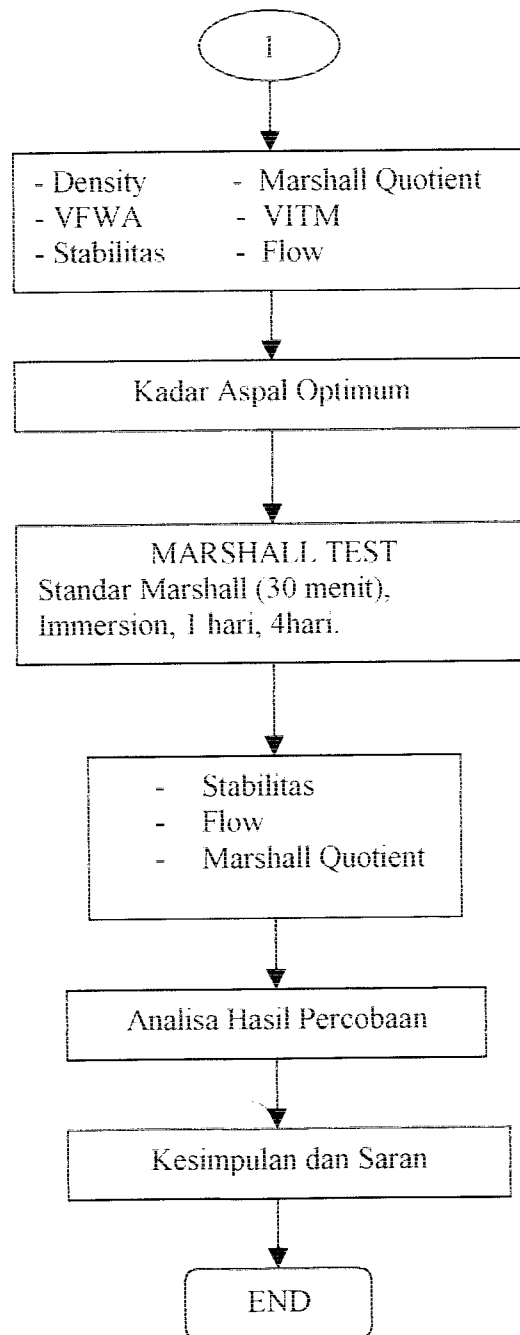
Isi Benda uji	Tebal (mm)	Angka Koreksi
200- 213	25,4	5,56
214-225	27,4	5,00
226-237	28,6	4,55
238-250	30,2	4,17
251-264	31,8	3,85
265-276	33,3	3,57
277-289	34,9	3,33
290-301	36,5	3,03
302-316	38,1	2,78
317-328	39,7	2,50
329-340	41,3	2,27
341-353	42,9	2,08
354-367	44,4	1,92
368-379	46,0	1,79
380-392	47,6	1,67
393-405	49,2	1,56
406-420	50,8	1,47
421-431	52,4	1,39
432-443	54,0	1,32
444-456	55,6	1,25
457-470	57,82	1,19
471-482	58,7	1,14
483-495	60,43	1,09
496-508	61,9	1,04
509-522	63,5	1,00
523-535	64,0	0,96
536-546	65,1	0,93
547-559	66,7	0,89
560-573	68,3	0,86
574-585	71,4	0,83
586-596	73,0	0,81
597-610	74,6	0,78
611-625	76,2	0,76

Sumber : AASHTO, Standart Specifications For Transportation Material And  
Methods Of Sampling And Testing Part II 1982.





Gambar 5.1 Bagan Alir Penelitian Laboratorium



**Gambar 5.1** Lanjutan Bagan Alir Penelitian Laboratorium

## BAB VI HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### 6.1 Hasil penelitian

Dari serangkaian pengujian bahan dan campuran *split mastic asphalt* dengan metode Marshall diperoleh hasil seperti terlihat pada tabel 6.1 sampai dengan tabel 6.5 hasil selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 4 sampai dengan 14.

#### 6.1.1 Hasil Pengujian Bahan

Sebelum penelitian ini dilakukan terlebih dahulu bahan yang akan digunakan diuji untuk memastikan bahan tersebut bisa digunakan (sesuai spesifikasi).

Tabel. 6.1 Persyaratan agregat kasar dan hasil penelitian di laboratorium

No.	Jenis pemeriksaan	Syarat*	Hasil
1	Keausan	Maksimal 40	21,12
2	Kelckatan terhadap aspal	> 95	99
3	Penyerapan air (%)	Maksimal 3	0,8336
4	Berat jenis ( $gr/cm^3$ )	Minimal 2,5	2,673

\* Sumber : SNI No.1737 1989/F jo SKBI-2-426-1987.

Tabel. 6.2 Persyaratan agregat halus dan hasil penelitian di laboratorium

No.	Jenis pemeriksaan	Syarat*	Hasil
1	Nilai Sand Equivalent	Minimal 50	68,966
2	Penyerapan air (%)	Maksimal 3	1,833
4	Berat jenis ( $gr/cm^3$ )	Minimal 2,5	2,577

\* Sumber : SNI No.1737 1989/F jo SKBI-2-426-1987

**Tabel 6.3** Persyaratan Aspal AC 60-70 dan hasil penelitian di laboratorium

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat *		Hasil
		Minimal	Maksimal	
1	Penetrasi (0,1) mm	60	70	68
2	Titik Lembek (°C)	48	58	49
3	Titik Nyala (°C)	200	-	309
4	Kelarutan dalam CCl <sub>4</sub>	99	-	99,025
5	Berat Jenis (gram/cm <sup>3</sup> )	1	-	1,117
6	Pemeriksaan Daktilitas	100	-	128

\* Sumber : SNI No.1737 1989/F jo SKBI-2-426-1987

Setelah melihat hasil penelitian diatas, maka dapat disimpulkan bahwa bahan yang akan digunakan pada penelitian ini telah memenuhi persyaratan.

### 6.1.2 Hasil Pengujian Kadar Aspal Optimum

Kadar aspal optimum adalah jumlah aspal yang digunakan dalam campuran agar dapat mencapai persyaratan berdasarkan VITM, flow, VFWA dan stabilitas. Hasil penelitian uji Marshall dengan variasi kadar aspal disajikan dalam tabel 6.4 dan tabel 6.5.

Contoh-contoh perhitungan Uji Marshall :

#### 1. Density

$$g = c/f$$

Keterangan :

g = density (gram/ml)

c = berat benda uji sebelum direndam (gram)

f = volume benda uji (ml)

Diketahui (untuk aspal 5,5%) :

c= 1182 gram

f= 506,67 ml

$$g = c / f$$

$$= 1182/506,67 = 2,333 \text{ gram/ml.}$$

2. VFWA, rongga terisi aspal (%)

$$m = 100 \times \frac{i}{j}$$

Keterangan :

m = rongga terisi aspal (%)

$$i = \frac{\% \text{ aspal terhadap campuran} \times \text{density}}{\text{Bj aspal}} = \frac{5,5 \% \times 2,333}{1,117} = 12,704 \%$$

$$j = \frac{(100 - \% \text{ aspal terhadap campuran}) \times \text{density}}{\text{Bj. Agregat}}$$

$$= \frac{(100 \% - 5,5\%)}{1,154} = 81,654 \%$$

$$m = 100 \times \frac{12,704}{81,654} = 15,559 \%$$

3. VITM, % rongga terhadap campuran.

$$n = 100 - \left( 100 \times \frac{\text{density}}{\text{Bj maksimum}} \right)$$

Diketahui (untuk kadar aspal 5,5%) :

Density = 2,333

Bj Maksimum = 2,47

$$n = 100 - \left( 100 \times \frac{2,333}{2,47} \right) = 5,5461 \%$$

## 4. Stability (Kg)

$$q = p \times \text{koreksi tebal sampel}$$

Keterangan :

q = Stability

p = Pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi proving ring

Diketahui (untuk kadar aspal 5,5%) :

p – 1310,256 Kg

Koreksi tebal sampel – 0,804

q = 1310,256 kg x 0,804 = 1053,445 kg.

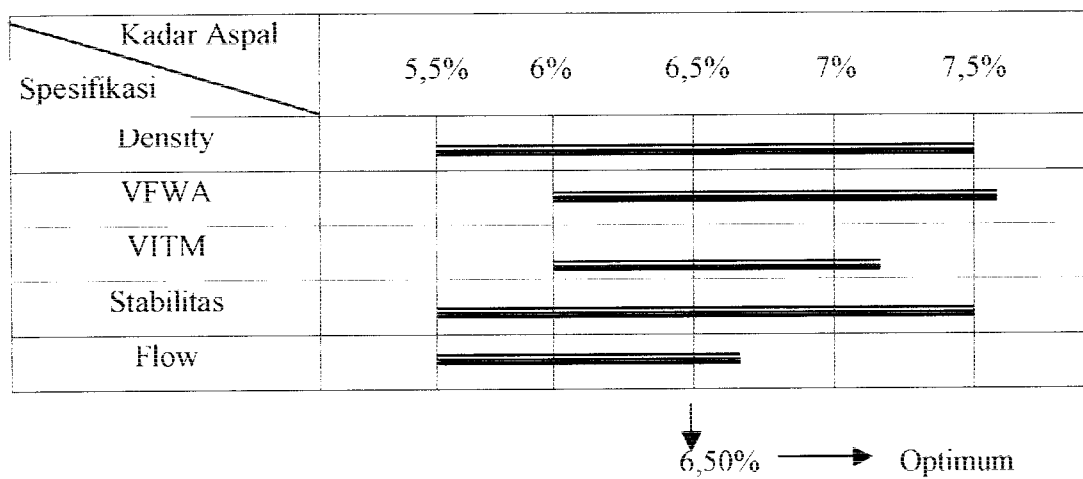
**Tabel 6.4** Hasil Uji Marshall dengan variasi kadar aspal dengan filler abu batu

Karakteristik	Kadar Aspal				
	5,5 %	6 %	6,5 %	7 %	7,5 %
Density	2,333	2,342	2,329	2,184	2,306
VFWA	69,306	75,325	78,152	79,710	81,477
VITM	5,546	4,562	4,206	4,149	3,874
Stability	1053,445	1098,456	955,242	906,527	864,588
Flow	3,566	3,641	3,725	4,149	3,895

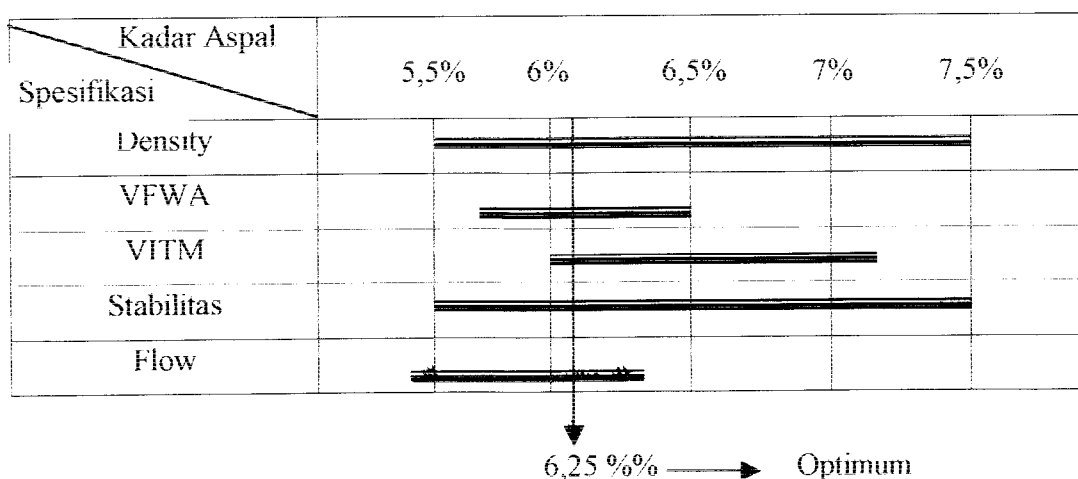
**Tabel 6.5** Hasil Uji Marshall dengan variasi kadar aspal dengan filler marmer

Karakteristik	Kadar Aspal				
	5,5 %	6 %	6,5 %	7 %	7,5 %
Density	2,327	2,342	2,329	2,336	2,323
VFWA	68,355	75,325	78,152	83,106	84,477
VITM	5,874	4,562	4,206	3,330	3,181
Stability	1111,308	1014,872	1135,187,	951,500	817,408
Flow	3,471	3,895	3,725	4,318	5,419

Untuk menentukan kadar aspal optimum diperoleh dengan cara sebagai berikut. Rentang kadar aspal yang memenuhi spesifikasi berdasarkan nilai density VITM (3% - 5%), *flow* (2mm - 4mm), VFWA(75% -85%) dan stabilitas (>75 kg) diplotkan pada tabel *spec* kadar aspal, dicari batas terdalam dari kanan maupun dari kiri tabel tersebut. Nilai tengah diantara kedua batas tersebut merupakan kadar aspal optimum. Kadar aspal optimum yang dihasilkan pada penelitian ini pada gambar 6.1 dan gambar 6.2



**Gambar 6.1** Kadar aspal optimum dengan filler abu batu



**Gambar 6.2** Kadar aspal optimum dengan filler Marmer

Berdasarkan gambar 6.1 dan 6.2 terlihat bahwa kadar aspal optimum untuk campuran dengan filler abu batu adalah 6,5% dan untuk campuran dengan filler limbah marmer adalah 6,25%.

### 6.1.3. Hasil Uji Perendaman Marshall (Immersion Test)

Uji perendaman bertujuan untuk mengetahui perubahan karakteristik dari campuran akibat pengaruh air, suhu dan cuaca. Pengujian ini pada prinsipnya sama dengan pengujian standar, hanya waktu perendaman yang berbeda. Uji perendaman pada penelitian ini dilakukan selama 30 menit, 1 hari, dan 4 hari dengan suhu konstan 60°C.

Dari pengujian dilaboratorium diperoleh nilai-nilai : kepadatan (density), VITM (Void in The Total Mix/), VFWA (Void Filled With Asphalt), Stabilitas, kelelahan (Flow) serta Qoutient Marshall (QM). Seperti terlihat dalam tabel berikut :

**Tabel 6.6.** Hasil Uji Marshal pada campuran SMA + S dengan menggunakan filler abu batu dan limbah marmer pada marshall standar.

Kode	Kadar aspal Optimum (%)	Density (gr/cc)	VFWA (%)	VITM (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	QM (kg/mm)
OAB1	6,5	2,138	53,06	13,52	713,62	3,414	207,552
OM 1	6,25	2,33	75,495	5,76	1085,59	3,429	321,00

Keterangan : OAB 1 = Kadar aspal optimum filler abu batu Marshalli standar

OM 1 = Kadar aspal optimum filler limbah marmer Marshall standar

**Tabel 6.7.** Hasil Uji Marshal pada campuran SMA + S dengan menggunakan filler abu batu dan limbah marmer pada Immersion 1 hari.

Kode	Kadar aspal Optimum (%)	Density (gr/cc)	VFWA (%)	VITM (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	QM (kg/mm)
OAB1	6,5	2,138	69,97	7,85	726,02	3,57	212,886
OM 1	6,25	2,33	75,57	5,75	793,52	3,429	219,213

Keterangan : OAB 1 = Kadar aspal optimum filler abu batu Perendaman 1 hari

OM 1 = Kadar aspal optimum filler limbah marmer perendaman 1 hari



**Tabel 6.8.** Hasil Uji Marshal pada campuran SMA + S dengan menggunakan filler abu batu dan limbah marmer pada Immersion 4 hari.

Kode	Kadar aspal Optimum (%)	Density (gr/cc)	VFWA (%)	VITM (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	QM (kg/mm)
OABI	6,5	2,472	52,51	13,741	619,94	3,429	184,410
OM I	6,25	2,06	45,507	16,45	750,821	3,429	219,213

Keterangan : OAB I – Kadar aspal optimum filler abu batu Perendaman 4 hari

OM I = Kadar aspal optimum filler limbah marmer perendaman 4 hari

## 6.2. Pembahasan

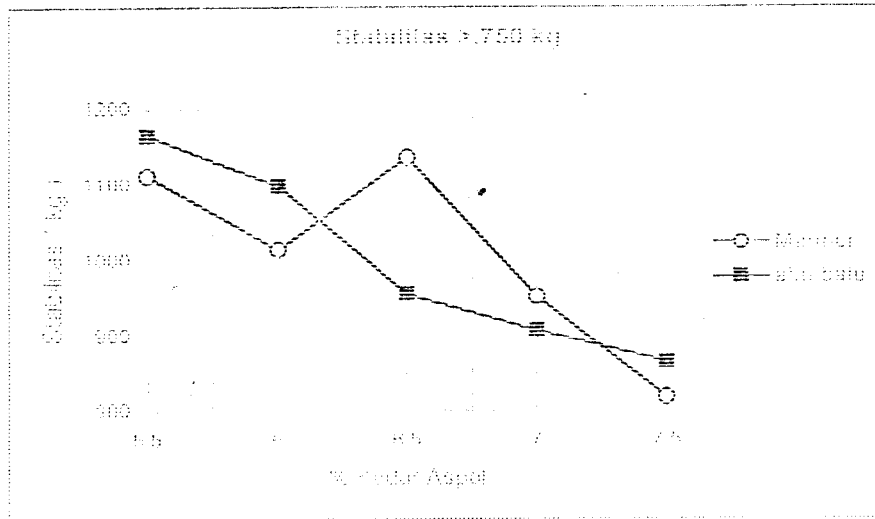
### 6.2.1. Tinjauan terhadap Stabilitas

Nilai stabilitas menunjukkan besarnya kemampuan perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja. Perkerasan yang mempunyai nilai stabilitas tinggi akan mengakibatkan naiknya daya dukung terhadap beban lalu lintas.

Stabilitas yang disyaratkan oleh Bina Marga minimum 750 kg. Lapis keras dengan nilai stabilitas < 750 kg akan mudah terjadi *rutting* karena perkerasan bersifat lembek sehingga tidak mampu mendukung beban yang berat.

**Tabel 6.9.** Perbandingan nilai stabilitas antara campuran SMA + S (filler abu batu) dengan SMA + S (filler marmer)

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	
	Filler Abu Batu	Filler Marmer
5,5	1164,278	1111,308
6	1098,456	1014,872
6,5	955,242	1135,187
7	906,527	951,500
7,5	864,588	817,408



Gambar 6.3. Hubungan kadar aspal dengan stabilitas pada campuran SMA + S dengan filler abu batu dan filler limbah marmer

Dari hasil penelitian yang ditampilkan dalam gambar 6.3 dan tabel 6.9 terlihat bahwa nilai stabilitas meningkat seiring dengan bertambahnya kadar aspal, sampai batas tertentu nilai stabilitas kembali menurun seiring dengan bertambahnya kadar aspal.

Beberapa hal yang mempengaruhi nilai stabilitas terdiri atas ketahanan gesek antar agregat, bentuk agregat, bentuk permukaan agregat, kepadatan (*density*) campuran, kemampuan saling mengunci (*interlocking*) antar agregat dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal.

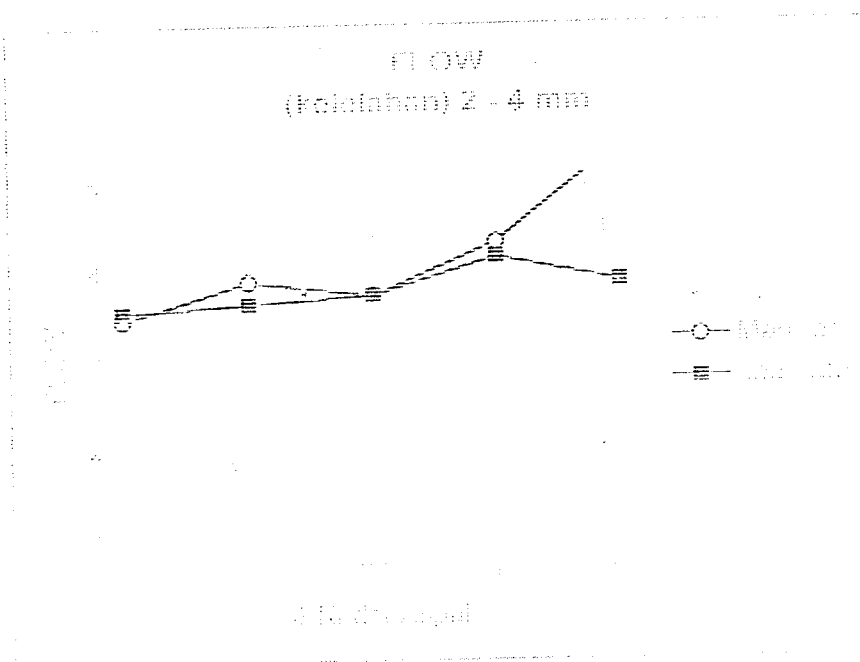
Hasil pengujian laboratorium pada gambar 6.3 tampak bahwa stabilitas kedua campuran berada di atas batas spesifikasi, stabilitas yang dihasilkan oleh campuran dengan menggunakan filler marmer lebih tinggi dibanding campuran yang menggunakan filler abu batu. Hal ini disebabkan campuran dengan filler limbah marmer mempunyai kerapatan yang lebih besar dibanding dengan campuran yang menggunakan filler abu batu.

### 6.2.2. Tinjauan terhadap Kelelahan (*Flow*)

Kelelahan (*flow*) adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm. Persyaratan Bina Marga untuk nilai flow adalah 2mm - 4mm. Suatu campuran dengan nilai flow yang tinggi (>4mm), maka campuran cenderung plastis (fleksibilitas tinggi) sehingga mudah berubah bentuk. Sebaliknya bila flow rendah (<2mm) maka campuran menjadi kaku dan mudah retak ( *cracking*) jika beban melampaui daya dukungnya.

**Tabel 6.10.** Perbandingan Nilai flow antara campuran SMA + S (filler abu batu) dengan campuran SMA + S (filler limbah marmer)

Kadar Aspal (%)	Flow (mm)	
	Filler Abu Batu	Filler Marmer
5,5	3,556	3,471
6	3,641	3,895
6,5	3,725	3,725
7	4,149	4,318
7,5	3,895	5,419



Gambar 6.4 Hubungan kadar aspal dengan flow pada campuran SMA-5 dengan filler abu batu dan limbah marmer

Pembebanan terhadap benda uji menimbulkan tekanan pada susunan agregat. Tekanan pada susunan agregat menimbulkan deformasi. Gerakan agregat dipengaruhi oleh adanya lapisan aspal yang menyelimuti agregat itu sendiri. Semakin tebal aspal yang menyelimuti agregat semakin besar deformasi yang terjadi. Dan hasil penelitian seperti yang terlihat pada gambar 6.4, tampak bahwa nilai flow semakin naik seiring dengan bertambahnya kadar aspal, berarti sifat campuran semakin plastis pula. Aspal dalam campuran tersebut bukan sebagai bahan ikat, tetapi merupakan sebagai bahan pelicin dalam campuran tersebut. Hal ini akan menyebabkan perubahan bentuk permukaan akibat beban lalulintas.

Dari hasil penelitian yang ditampilkan pada tabel 6.10 dan gambar 6.4 terlihat bahwa campuran dengan filler limbah marmer mempunyai nilai flow lebih tinggi dibanding dengan campuran dengan bahan pengisi (filler) abu batu. Hal ini

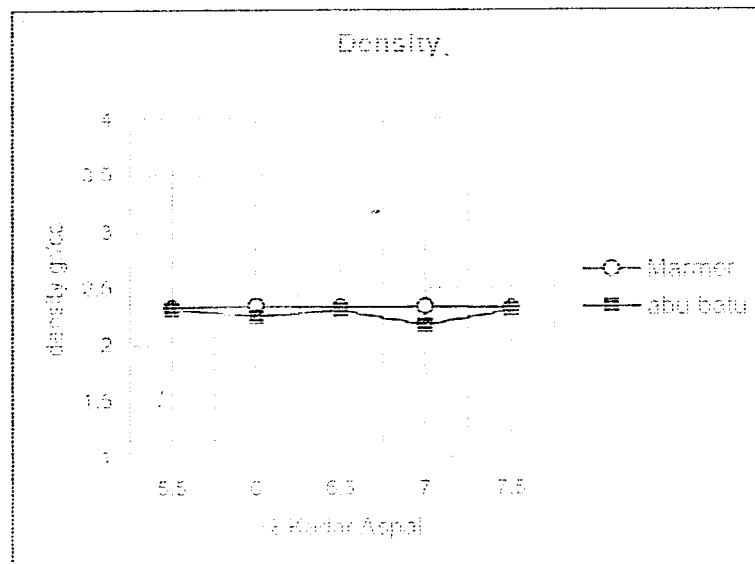
disebabkan karena sifat yang dimiliki oleh limbah marmer yaitu dapat menyerap aspal yang lebih tinggi sehingga akan memberikan kerapatan campuran yang tinggi.

### 6.2.3. Tinjauan Terhadap Kepadatan (*density*)

Nilai kepadatan campuran menunjukkan derajat kepadatan suatu campuran yang telah dipadatkan. Campuran yang mempunyai density tinggi akan mampu menahan beban yang lebih tinggi. Nilai density dipengaruhi oleh kualitas bahan dan proses pemadatan campuran tersebut. Campuran akan mempunyai nilai kepadatan yang tinggi bila bentuk agregat tidak beraturan, porositas agregat rendah, pemadatan pada suhu tinggi (viskositas aspal rendah) dan cara pengerjaan sesuai prosedur. Nilai density dari penelitian ini dapat dilihat dalam tabel 6.11 dan gambar 6.5 sebagai berikut ini.

**Tabel 6.11.** Perbandingan nilai density antara campuran SMA+S (filler abu batu) dengan campuran SMA+S dengan (filler limbah marmer)

Kadar Aspal (%)	Density (gr/cc)	
	Filler Abu Batu	Filler Marmer
5,5	2,33	2,327
6	2,342	2,342
6,5	2,329	2,329
7	2,184	2,336
7,5	2,306	2,323



Gambar 6.5. Hubungan kadar aspal dengan density pada campuran SMA+S dengan filler abu batu dan limbah marmer.

Dari hasil penelitian yang ditampilkan pada tabel 6.11 dan gambar 6.5 terlihat bahwa nilai density, meningkat seiring dengan bertambahnya kadar aspal dalam campuran. Ini dikarenakan pada saat pemadatan aspal dan butir-butir filler akan mengisi rongga udara sehingga campuran semakin padat. Campuran dengan bahan pengisi (filler) limbah marmer mempunyai nilai density lebih tinggi dibanding campuran dengan bahan pengisi abu batu, yang menunjukkan bahwa campuran dengan bahan pengisi filler limbah marmer lebih padat.

Jika ditinjau dari sifat-sifat penyerapan oleh batuan, maka secara umum batuan mempunyai batas-batas dimana lapisan yang kedap air (biasanya daerah pusat berat batuan), lapisan yang dapat ditembus oleh air (lapisan agak lebih keluar dari pusat berat), dan lapisan yang hanya ditembus oleh aspal (lapisan paling luar). Porositas yang demikian biasanya disebut dengan Void in The Mineral Agregat (VMA).

Dari hasil penelitian yang ditampilkan pada gambar 6.5 terlihat bahwa nilai density maksimum campuran dengan kedua jenis bahan pengisi (filler) terjadi pada kadar aspal 6% yaitu sebesar 2,342 gr/cc untuk filler abu batu 2,342 gr/cc untuk filler limbah marmer.

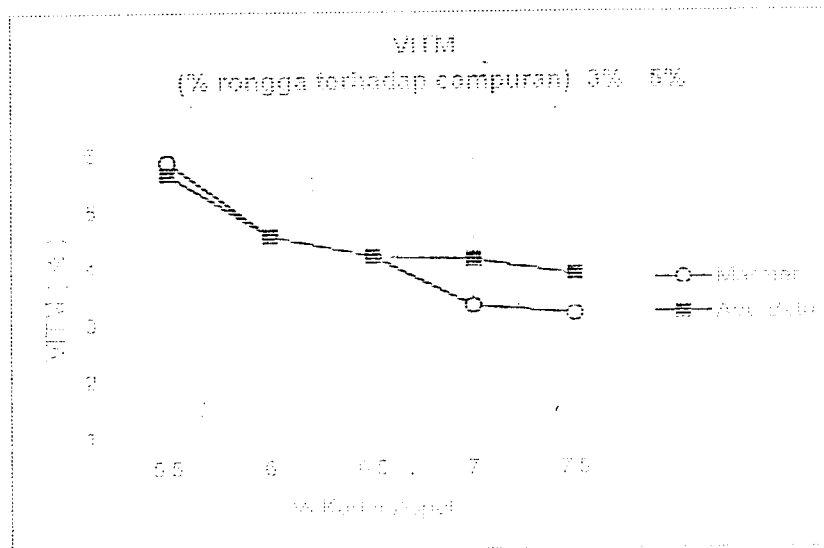
#### 6.2.4 Tinjauan terhadap VITM (Void in The Total Mix)

VITM menunjukkan banyaknya rongga udara yang terdapat dalam campuran yang dinyatakan dalam prosen. Nilai VITM berpengaruh terhadap kepadatan campuran. Nilai VITM berkurang dengan meningkatnya kadar aspal dalam campuran, hal ini karena aspal mampu mengisi lebih banyak rongga-rongga yang terdapat pada campuran.

Campuran dengan nilai VITM kecil menunjukkan bahwa campuran dengan tingkat kekakuan yang tinggi, berarti kandungan rongga dalam campuran sangat sedikit, jika campuran menerima beban lalu lintas maka akan mudah terjadi retak-retak karena tidak cukup lentur dalam menahan deformasi yang terjadi. Sebaliknya bila campuran memiliki nilai VITM yang besar, rongga yang terdapat dalam campuran lebih banyak sehingga campuran merupakan campuran yang berporous, kurang kedap terhadap udara dan air, akibatnya mudah teroksidasi sehingga daya tahan (durability) campuran menurun. Adapun nilai prosentase rongga dalam campuran yang disyaratkan Bina Marga 3%-5%.

**Tabel 6.12** Perbandingan nilai VITM antara campuran SMA + S dengan filler abu batu dan filler limbah marmer

Kadar Aspal (%)	VITM (%)	
	Filler Abu Batu	Filler Marmer
5,5	5,641	5,874
6	4,562	4,562
6,5	4,206	4,206
7	4,149	3,330
7,5	3,874	3,181



Gambar 6.6. Hubungan kadar aspal dengan VITM pada campuran SMA+S dengan filler abu batu dan filler limbah marmer.

Dari hasil penelitian yang ditampilkan pada tabel 6.12 dan gambar 6.6 terlihat bahwa, semakin besar kadar aspal, maka nilai VITM semakin kecil. Hal ini disebabkan oleh aspal yang mampu mengisi lebih banyak rongga – rongga campuran.

Pada campuran dengan bahan pengisi (filler) yang berbeda, terlihat bahwa campuran dengan bahan pengisi (filler) limbah marmer mempunyai nilai VITM lebih kecil dibanding dengan bahan pengisi (filler) abu batu, hal ini dikarenakan limbah marmer memiliki butiran dengan tingkat kehalusan yang relatif tinggi (sangat halus) dibandingkan butiran bahan pengisi abu batu sehingga limbah marmer mempunyai kemampuan mengisi rongga – rongga campuran lebih baik dibanding dengan abu batu. Pada waktu pemadatan partikel filler limbah marmer ini mampu merapat dan mengisi rongga yang ada seiring dengan bertambahnya kadar aspal, sehingga campuran menjadi lebih rapat dan rongga yang terjadi lebih kecil.

Dari hasil penelitian yang dilakukan, diperoleh jenis campuran dengan filler limbah marmer yang memenuhi persyaratan Bina Marga adalah pada kadar aspal 6%



sampai dengan 7,5%. Sedangkan untuk campuran dengan filler abu batu yang memenuhi Bina Marga adalah pada kadar aspal 6% sampai dengan 7,5%.

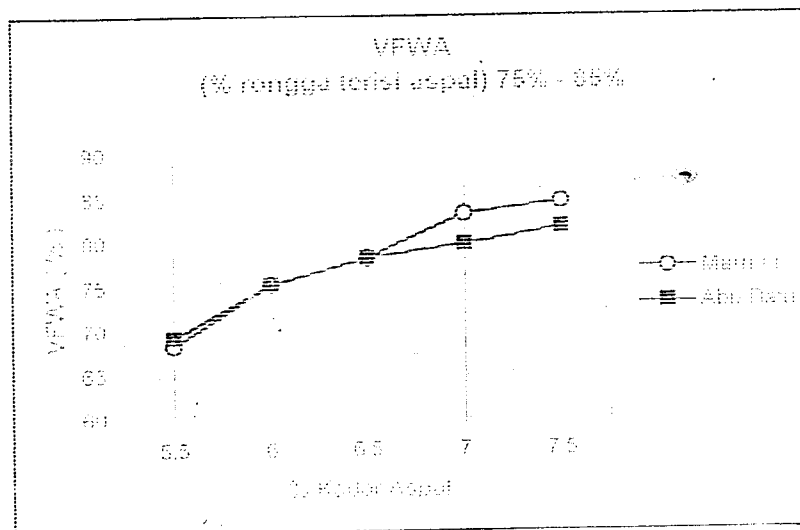
#### 6.2.5. Tinjauan terhadap VFWA

Nilai VFWA menunjukkan banyaknya rongga dalam campuran yang dapat terisi aspal, VFWA menentukan kekuatan ikatan, kedapapan dan keawetan suatu perkerasan. Nilai VFWA yang disyaratkan Bina Marga adalah antara 75% - 85%. Nilai VFWA dipengaruhi oleh kadar aspal yang digunakan. Jika kadar aspal terlalu tinggi (<85%) maka rongga yang tersisa semakin kecil sehingga saat perkerasan menerima beban lalu lintas yang berulang menyebabkan *bleeding*.

Sebaliknya bila VFWA rendah akan mengurangi daya ikat sehingga stabilitas rendah, dengan stabilitas yang rendah maka keawetan (durabilitas) campuran berkurang.

**Tabel 6.14.** Perbandingan nilai VFWA antara campuran SMA + S dengan filler abu batu dan filler limbah marmer.

Kadar Aspal (%)	VFWA (%)	
	Filler Abu Batu	Filler Marmer
5,5	69,306	68,355
6	75,325	75,325
6,5	78,152	78,152
7	79,710	83,108
7,5	81,627	84,477



Gambar 6.7. Hubungan kadar aspal dengan VFWA pada campuran SMA +S dengan filler abu batu dan filler limbah marmer.

Dari hasil penelitian yang ditampilkan pada tabel 6.14 dan gambar 6.7 terlihat bahwa nilai VFWA meningkat dengan bertambahnya kadar aspal dalam campuran. Bertambahnya kadar aspal dalam campuran menyebabkan rongga antar agregat yang terisi aspal bertambah banyak. Nilai VFWA berhubungan erat dengan nilai VITM, bila nilai VITM besar maka rongga yang terdapat dalam campuran tersebut banyak dan terjadi pada kadar aspal rendah, seiring dengan bertambahnya kadar aspal nilai VITM semakin kecil. Berkaitan dengan hal tersebut, kadar aspal yang rendah mengakibatkan rongga yang terisi aspal (VFWA) juga rendah. Seiring dengan bertambahnya kadar aspal, rongga terisi aspal (VFWA) bertambah.

Pada kadar filler yang sama nilai VFWA campuran dengan filler limbah marmer lebih tinggi dibanding campuran dengan filler abu batu, yang menunjukkan bahwa rongga yang terisi oleh aspal pada campuran dengan filler limbah marmer lebih banyak dibanding dengan filler abu batu. Hal ini disebabkan karena limbah marmer dengan tingkat kehalusan yang tinggi memungkinkan aspal dalam melakukan penetrasi kedalam campuran batuan tidak mengalami gangguan yang berarti, sehingga aspal dapat menempati bagian terbesar rongga-rongga dalam

campuran tanpa terhalangi. Sebaliknya untuk filler abu batu yang mempunyai tingkat kehalusan yang relatif lebih rendah dari limbah marmer menjadikan butiran pengisi abu batu lebih mengganggu masuknya aspal kedalam campuran, akibatnya VFWA dengan filler abu batu lebih rendah.

Dari hasil penelitian yang dilakukan, diperoleh jenis filler limbah marmer yang memenuhi persyaratan Bina Marga adalah pada kadar aspal 6,75% sampai dengan 7,5%, sedangkan untuk filler abu batu yang memenuhi persyaratan Bina Marga adalah pada kadar aspal 6,5% sampai dengan 7,5%.

#### 6.2.6. Tinjauan Terhadap Marshall Quotient (MQ)

Marshall Quotient merupakan hasil bagi dari stabilitas dengan kelelahan (flow) yang digunakan sebagai pendekatan terhadap tingkat kekakuan suatu campuran stabilitas yang tinggi disertai dengan kelelahan (flow) rendah akan menghasilkan perkerasan yang terlalu kaku, sehingga menghasilkan campuran yang kaku dan getas. Sebaliknya stabilitas yang rendah dengan kelelahan yang tinggi menjadikan campuran terlalu plastis berakibat perkerasan akan mengalami deformasi yang besar bila menerima beban lalu lintas. Nilai Marshall Quotient berdasarkan spesifikasi teknis SMA dari Bina Marga adalah 190-300 kg/mm. Nilai Marshall Quotient yang dihasilkan pada penelitian ini ditunjukkan pada tabel 6.15 dan gambar 6.8 berikut ini.

**Tabel 6.15** Perbandingan nilai MQ antara campuran SMA + S dengan filler abu batu dan filler limbah marmer.

Kadar Aspal (%)	MQ (kg/mm)	
	Filler Abu Batu	Filler Marmer
5,5	325,773	323,200
6	302,231	261,829
6,5	257,776	307,319
7	221,229	220,357
7,5	224,779	152,184

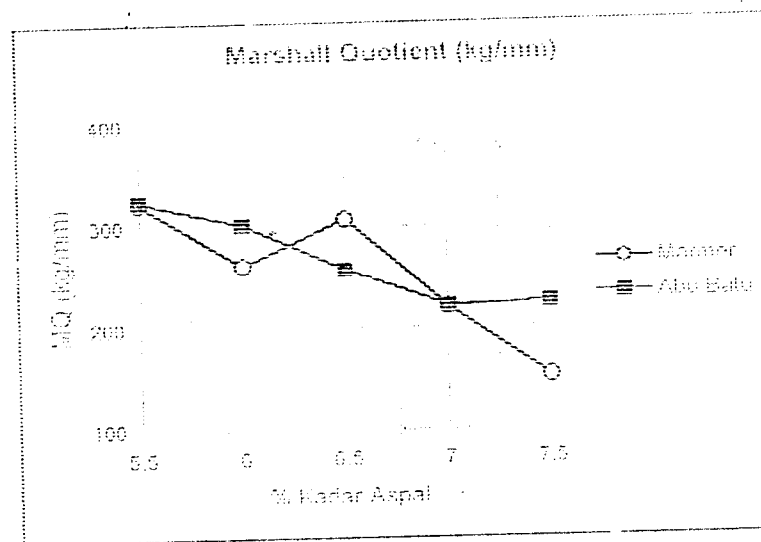
Contoh perhitungan nilai MQ pada campuran SMA+ S pada kadar aspal 5,5% dengan filler abu batu.

Diketahui :

Stabilitas (q) = 1164,278 kg

Flow (r) = 3,556 mm

$$MQ = \frac{\text{Stabilitas}}{\text{Flow}} = \frac{1164,278}{3,556} = 327,4122 \text{ kg/mm}$$



Gambar 6.8. Hubungan kadar aspal dengan Marshall Quotient pada campuran SMA+ S dengan filler abu batu dan dengan filler limbah marmer.

Berdasarkan gambar 6.8 terlihat bahwa campuran dengan menggunakan filler limbah marmer memberikan nilai Marshall Quotient yang lebih tinggi dibandingkan campuran yang menggunakan filler abu batu. Hal ini menunjukkan bahwa campuran yang menggunakan filler limbah marmer lebih kaku dibanding campuran yang menggunakan filler abu batu. Dengan nilai kekakuan yang tinggi campuran tersebut cenderung bersifat getas dan mudah retak (*cracking*) bila beban melampaui daya dukungnya.

Tingginya nilai Marshall Quotient pada campuran dengan filler limbah marmer yang dicapai pada penelitian ini ( $>300$  kg/mm) dipengaruhi oleh nilai stabilitas yang dicapai yaitu antara 895 kg-1183 kg. Nilai tersebut memang lebih besar dari 750 kg, sebagaimana nilai stabilitas yang disyaratkan, sedangkan nilai kelelahan (*flow*) yang dicapai tidak mengimbangi peningkatan nilai stabilitas, namun masih berada pada nilai yang disyaratkan spesifikasi teknis Bina Marga yaitu antara 2mm - 4mm.

Berdasarkan gambar 6.8 terlihat bahwa nilai Marshall Qoutient pada kadar aspal optimum 6,5 % campuran dengan filler abu batu sebesar 300 kg/mm. Hal ini menunjukkan bahwa campuran dengan filler abu batu masih memenuhi standar yang disyaratkan Bina Marga.

#### **6.2.7. Tinjauan terhadap Stabilitas hasil Uji Perendaman (Immersion)**

Nilai stabilitas menunjukkan besarnya kemampuan perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang terjadi. Perkerasan yang mempunyai nilai stabilitas yang tinggi akan dapat menahan beban lalu lintas yang besar. Semakin tinggi nilai stabilitas maka umur rencana akan semakin panjang dan demikian pula sebaliknya, rendahnya nilai stabilitas akan mengakibatkan turunnya daya dukung terhadap beban lalu lintas yang terjadi dan umur rencana akan semakin pendek.

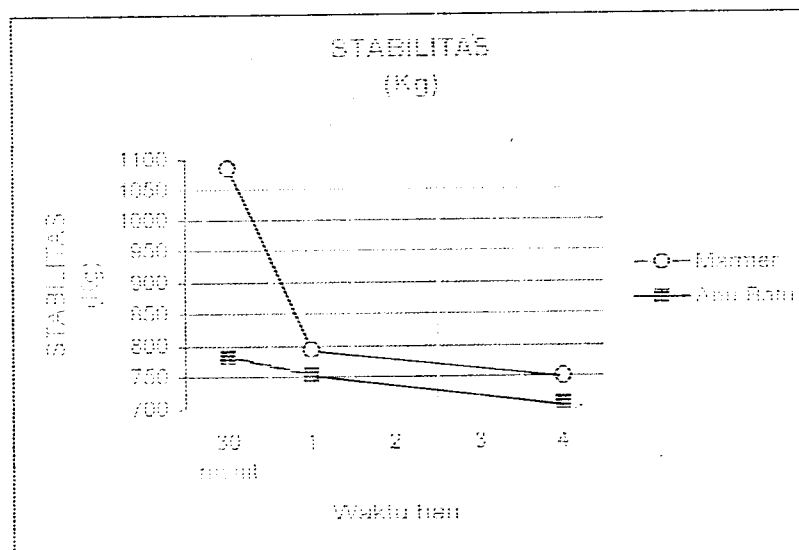
Nilai stabilitas yang disyaratkan minimum 750 kg. Lapis keras dengan nilai stabilitas kurang dari 750 kg akan mudah menyebabkan terjadinya rutting karena perkerasan bersifat plastis dan tidak mampu menahan beban yang besar.

Namun nilai stabilitas yang sangat tinggi bukan berarti campuran baik namun dengan nilai stabilitas yang tinggi menunjukkan bahwa campuran tersebut bersifat kaku dan cepat akan mengalami retak, selain itu rongga antara agregat yang kurang mengakibatkan kadar aspal yang dibutuhkan sedikit. Hal ini menyebabkan selimut aspal yang tipis, akibatnya ikatan antar agregat mudah lepas, kemampuan saling mengunci antar agregat berkurang, dan akibatnya durabilitaspun akan semakin rendah.

Campuran Split Mastic Asphalt yang merupakan campuran yang bergradasi terbuka (*Open Graded*) membutuhkan bahan filler yang cukup sebagai bahan pengisi rongga, sehingga campuran menjadi rapat dan nilai stabilitas akan tinggi. Dari hasil penelitian yang dilakukan dilaboratorium menunjukkan bahwa campuran SMA+S dengan bahan pengisi (filler abu batu) dan limbah marmer masing-masing memiliki nilai stabilitas diatas batas minimum yaitu 750 kg.

Tabel 6.16. Perbandingan nilai stabilitas antara SMA+S (filler abu batu) dengan SMA+S (filler limbah marmer).

Kadar Aspal Optimum (%)	Filler	STABILITAS (kg)		
		Immersion		
		Standar	1 hari	4 hari
6,5	Abu Batu	782,507	753,577	708,114
6,25	Marmer	1085,59	793,52	750,821



Gambar 6.9. Hubungan waktu perendaman dengan stabilitas pada campuran SMA+S dengan filler abu batu dan filler limbah marmer.

Pada jenis bahan yang berbeda, juga mempengaruhi nilai stabilitasnya, dari hasil penelitian ini pada tabel 6.16 dan gambar 6.9 campuran dengan menggunakan bahan pengisi (filler) abu batu dan bahan pengisi (filler) marmer terlihat masing-masing campuran nilai stabilitasnya semakin menurun seiring dengan bertambahnya waktu..

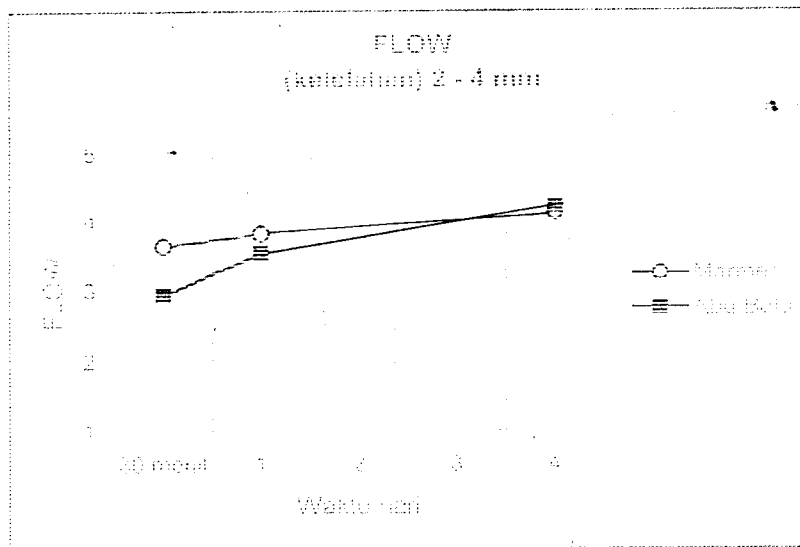
Dari gambar 6.9 terlihat campuran SMA+S dengan bahan pengisi limbah marmer terlihat nilai stabilitas campuran dengan filler limbah marmer mempunyai nilai stabilitas yang lebih tinggi dibanding dengan campuran yang menggunakan filler abu batu yaitu pada Marshall standar, namun pada immersion 1 hari sampai dengan 4 hari terjadi penurunan nilai stabilitasnya. Penurunan nilai stabilitas tersebut disebabkan karena filler limbah marmer merupakan bahan pengisi yang tidak peka terhadap air (filler non aktif).

#### 6.2.8. Tinjauan terhadap Kelelahan (Flow) Hasil Uji Perendaman (Immersion)

Nilai flow menunjukkan besarnya deformasi campuran benda uji akibat beban yang bekerja pada benda uji. Campuran yang memiliki nilai flow rendah dan nilai stabilitas yang tinggi menunjukkan bahwa campuran memiliki sifat getas, kaku dan mudah retak bila menerima beban melebihi daya dukungnya. Sebaliknya nilai flow yang tinggi menunjukkan campuran cenderung plastis (fleksibilitas tinggi) sehingga mudah berubah bentuknya jika menerima beban lalu lintas. Persyaratan yang diberikan oleh Bina Marga untuk nilai flow adalah antara 2mm-4mm.

**Tabel 6.17.** Perbandingan nilai flow antara SMA+S (filler abu batu) dengan campuran antara SMA+S (filler marmer)

Kadar Aspal Optimum (%)	Filler	Flow (mm)		
		Immersion		
		Standar	1 hari	4 hari
6,5	Abu Batu	3,67	3,85	4,15
6,25	Marmer	2,95	3,56	4,345



Gambar 6.10. Hubungan waktu perendaman dengan Flow pada campuran SMA+S dengan filler abu batu dan filler limbah marmer.

Pada gambar 6.10 hasil penelitian di laboratorium terlihat bahwa nilai flow bertambah pada bahan pengisi (filler) limbah marmer seiring waktu lamanya perendaman. Semakin lama waktu perendaman campuran menjadi lebih fleksibel, ikatan antar agregat berkurang, hal ini disebabkan karena semakin lama perendaman rongga campuran yang terisi air semakin banyak, air yang masuk kedalam rongga tersebut beroksidasi dengan aspal. Aspal yang telah teroksidasi kualitasnya menurun, daya dukungnya dan daya ikatnya menurun juga.

Demikian pula yang terjadi pada filler abu batu, bila kita perhatikan pada gambar 6.10 campuran dengan bahan pengisi abu batu akan menunjukkan nilai flow yang lebih rendah dibanding campuran dengan bahan pengisi limbah marmer, pada marshall standar dan marshall immersion 1 hari namun kemudian menurun pada immersion 4 hari.

Dari kedua campuran tersebut jika kita bandingkan campuran dengan bahan pengisi abu batu mempunyai nilai flow lebih rendah dibanding dengan campuran



dengan bahan pengisi limbah marmer untuk rentang waktu perendaman yang lebih lama.

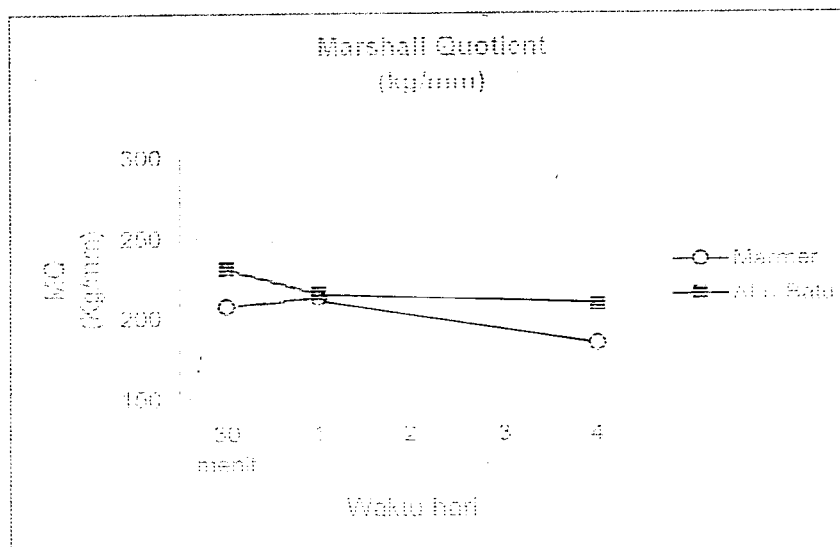
#### 6.2.9. Tinjauan terhadap Marshall Qoutient hasil Uji Perendaman (immersion)

Marshall Quotient merupakan hasil bagi antara nilai stabilitas dengan nilai kelelahan (flow), yang digunakan sebagai pendekatan terhadap tingkat kekakuan suatu campuran. Stabilitas yang tinggi disertai dengan kelelahan (flow) yang rendah akan menghasilkan perkerasan yang terlalu kaku, sehingga akan bersifat getas. Sebaliknya dengan stabilitas yang rendah dan dengan kelelahan yang tinggi perkerasan akan mengalami deformasi yang besar saat menerima beban lalulintas.

Nilai Marshall Qoutien berdasarkan spesifikasi teknis Bina Marga adalah 190kg/mm-300kg/mm. Nilai Marshall Quotient yang dicapai pada penelitian dipengaruhi nilai stabilitas yang dicapai. Nilai stabilitas yang dicapai masih memenuhi nilai yang disyaratkan spesifikasi teknis Bina Marga yaitu sebesar 750 kg.

**Tabel 6.18.** Perbandingan Nilai Marshall Quotient antara SMA+S (filler abu batu) dengan campuran SMA+S (filler limbah marmer)

Kadar Aspal Optimum (%)	Filler	Marshall Quotient (kg/mm)		
		Immersion		
		Standar	1 hari	4 hari
6,5	Abu Batu	230,995	215,426	208,818
6,25	Marmer	207,552	212,886	184,410



**Gambar 6.11.** Hubungan waktu perendaman dengan MQ pada campuran SMA+S dengan filler abu batu dan dengan filler marmer.

Dari hasil penelitian dilaboratorium nilai Marshall Quotient pada campuran SMA+S dengan menggunakan bahan pengisi (filler) abu batu dan bahan pengisi limbah marmer seperti ditampilkan pada tabel 6.17, dan gambar 6.10 terlihat campuran dengan bahan pengisi abu batu nilai Marshall Quotientnya turun pada waktu immersionnya 1 hari. Dan cenderung menurun secara perlahan siring dengan bertambahnya waktu. Demikian pula yang terjadi pada campuran SMA+S dengan menggunakan filler marmer sebagai bahan pengisi pada campuran. Pada immersion 1 hari nilai Marshall Quotientnya berada sedikit dibawah nilai Marshall Quotientnya campuran yang menggunakan filler abu batu, tetapi turun secara drastis pada immersion 4 hari

Perbedaan dari kedua bahan pengisi menunjukkan bahwa pengaruh filler sangat berpengaruh pada nilai Marshall Quotientnya dari masing-masing campuran. Nilai Marshall Quotient tertinggi pada campuran dengan filler limbah marmer dicapai pada waktu immersion 1 hari yaitu sebesar 212,886 kg/mm, sedang pada campuran dengan menggunakan filler abu batu nilai Marshall Quotientnya tertinggi dicapai pada immersion standar yaitu 230 kg/mm.

## BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN

### 7.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan di muka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengaruh lama perendaman (immersion test) pada penggunaan filler dalam campuran SMA+S menunjukkan, ternyata penggunaan filler marmer mempunyai kekuatan yang lebih tinggi dibanding dengan penggunaan filler abu batu. Walaupun stabilitas cenderung turun seiring dengan bertambahnya waktu perendaman, nilai stabilitas dari filler marmer tetap berada di atas nilai stabilitas filler abu batu.
2. Secara keseluruhan campuran dengan menggunakan filler marmer mempunyai nilai kelelahan yang lebih rendah dibanding campuran yang menggunakan filler abu batu ditinjau dari pengaruh lama perendaman.
3. Nilai Marshall Quotient terhadap lama perendaman pada campuran SMA+S dengan limbah marmer dan campuran SMA+S dengan filler abu batu masing-masing menunjukkan penurunan seiring dengan bertambahnya waktu perendaman. Hal ini menunjukkan semakin lama waktu perendaman campuran akan semakin plastis.
4. Untuk nilai VITM, VFWA, dan density pada masing-masing campuran tersebut secara keseluruhan bahwa campuran dengan bahan filler limbah marmer

mempunyai kualitas yang lebih baik dibanding campuran yang menggunakan abu batu.

5. Dari penelitian dan pembahasan diatas dapat disimpulkan bahwa filler limbah marmer dapat digunakan sebagai bahan pengisi (filler) pada campuran SMA+S

## 7.2. Saran

1. Perlu diadakannya studi lanjutan untuk mencari nilai ekonomis dari penggunaan filler limbah marmer.
2. Perlu diadakannya penelitian lebih lanjut mengenai penggunaan variasi filler untuk meningkatkan kualitas dari campuran
3. Perlu diadakannya penelitian lebih lanjut mengenai kandungan mineral limbah marmer agar hasil yang dicapai pada penelitian selanjutnya lebih sempurna
4. Diperlukan suhu yang lebih tinggi pada saat pemadatan campuran dengan aspal berkonsistensi tinggi.

## P E N U T U P

Demikian penyusunan Tugas Akhir ini penyusun tulis sebagai syarat untuk menyelesaikan jenjang studi sarjana Teknik Sipil. Penulis menyadari bahwa penelitian dan penulisan Tugas Akhir ini jauh dari sempurna, hal ini disebabkan karena keterbatasan waktu, dana dan kemampuan dari penulis, oleh sebab itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang konstruktif dari pembaca demi sempurnanya Tugas Akhir ini. Sebelum dan sesudahnya penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada para pembaca atas perhatiannya, saran dan kritiknya.

Mudah-mudahan tulisan Tugas Akhir ini nantinya dapat memberikan suatu pengetahuan yang berguna bagi penyusun dan diharapkan dapat menjadikan suatu ide yang dapat berguna untuk pengembangan penelitian-penelitian selanjutnya bagi rekan rekan teknik Sipil pada khususnya dan masyarakat umum pada umumnya.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Crauss, J. and Ishai, 1977, Filler, dalam Sheel 1990
2. Departemen pekerjaan Umum, 1983, Petunjuk Pelaksanaan Laston No. 13/PT/1983, Jakarta
3. Kerbs and Walker R.D., 1971, Highway Material, Mc Graw Hill Book Company, Virginia, Polytechnic Institute and State University, USA.
4. Louisville, Kentucky, Asphalt Paving Technology 1980
5. Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, 1994, Panduan Praktikum Jalan Raya, Yogyakarta.
6. Silvia ,1993, Perkerasan Lentur Jalan Raya, Nova Bandung.
7. Sigit Widi Permana, 1995, Pengaruh Variasi Jenis dan Kadar Filler Terhadap Karakteristik Split Mastic Aspal.
8. Tunnicliff, D.G , 1962 ,Filler, dalam Sheel 1990
9. Tugas Akhir Penelitian Laboratorium, Heru Saptoadji dan Rachmat Ari Mulyo Perbandingan Pengaruh Penggunaan Semen Portland dan Limbah Industri Marmer Sebagai Filler Terhadap Perilaku Split Mastic Asphalt, 2000, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

# LAMPIRAN



# LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042, 895707 Fax (0274) 895330 Yogyakarta 55584

## PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT (ABRASI TEST)

### AASHTO T 96 - 77

Contoh dari : Clereng, Kab. Kulonprogo

Dikerjakan Oleh :

Jenis Contoh : Agregat Kasar

Agus Priyo Santoso 90310140

Di Uji Tanggal : 18 Juli 2000

Teguh Prihartono 94310087

Untuk Proyek : Tugas Akhir Mahasiswa

JENIS GRADASI SARINGAN		BENDA UJI	
LOLOS	TERTAHAN	I	II
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")	2500 gram	
12,5 mm (0,5")	09,5 mm (3/8")	2500 gram	
09,5 mm (3/8")	06,3 mm (1/4")		
06,3 mm (1/4")	4,75 mm (No. 4)		
4,75 mm (No. 4)	2,36 mm (No. 8)		
JUMLAH BENDA UJI (A)		5000 gram	
JUMLAH TERTAHAN DI SIEVE 12 (B)		3944 gram	
KEAUSAN = $\frac{(A - B)}{A} \times 100\%$		$\frac{5000 - 3944}{5000} \times 100 = 21,12\%$	

Yogyakarta, 9 Agustus 2001

Diketahui :

Ir. Iskandar. S, MT.





# LABORATORIUM JALAN RAYA

## FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042, 895707 Fax (0274) 895330 Yogyakarta 55584

### PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

Contoh dari : Clereng, Kab. Kulonprogo      Dikerjakan Oleh :  
 Jenis Contoh : Agregat Halus                      Agus Priyo Santoso      90 310 140  
 Di Uji Tanggal : 18 Juli 2000                      Teguh Prihartono      94 310 087  
 Untuk Proyek : Tugas Akhir Mahasiswa

KETERANGAN	BENDA UJI	
	I	II
BERAT BENDA UJI DALAM KEDAAN BASAH JENUH (SSD)	500 gram	
BERAT VICNOMETER + AIR (B)	834 gram	
BERAT VICNOMETER + AIR + BENDA UJI (BT)	979 gram	
BERAT SAMPEL KERING OVEN (BK)	493 gram	
BERAT JENIS = $\frac{BK}{(B + 500 - BT)}$	$\frac{493}{(834 + 500 - 979)} = 2,63$	
BERAT SSD = $\frac{500}{(B + 500 - BT)}$	$\frac{500}{(834 + 500 - 979)} = 1,4$	
BJ SEMU = $\frac{BK}{(B + BK - BT)}$	$\frac{493}{(834 + 493 - 979)} = 1,416$	
PENYERAPAN = $\frac{(500 - BK)}{(BK)} \times 100\%$	$\frac{(500 - 493)}{493} \times 100\% = 1,42\%$	

Yogyakarta, 9 Agustus 2001

Diketahui :

Ir. Iskandar. S, MT.



# LABORATORIUM JALAN RAYA

## FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042, 895707 Fax (0274) 895330 Yogyakarta 55584

### PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Contoh dari : Clereng, Kab. Kulonprogo      Dikerjakan Oleh :  
 Jenis Contoh : Agregat Halus      Agus Priyo Santoso      90 310 140  
 Di Uji Tanggal : 18 Juli 2000      Teguh Prihartono      94 310 087  
 Untuk Proyek : Tugas Akhir Mahasiswa

KETERANGAN	BENDA UJI	
	I	II
BERAT BENDA UJI DALAM KEDAAN BASAH JENUH (SSD) —————▶ (BJ)	1503 gram	
BERAT BENDA UJI DALAM AIR —————▶ (BA)	944 gram	
BERAT SAMPEL KERING OVEN —————▶ (BK)	1496 gram	
BERAT JENIS (BLUK) = $\frac{BK}{(BJ - BA)}$	$\frac{1496}{(1503 - 944)} = 2,676$	
BERAT SSD = $\frac{BJ}{(BJ - BA)}$	$\frac{1503}{(1503 - 944)} = 2,688$	
BJ SEMU = $\frac{BK}{(BK - BA)}$	$\frac{1496}{(1496 - 944)} = 2,71$	
PENYERAPAN = $\frac{(BJ - BK)}{(BK)} \times 100\%$	$\frac{(1503 - 1496)}{1496} \times 100\% = 0,46\%$	

Yogyakarta, 9 Agustus 2001

Diketahui :

Ir. Iskandar. S, MT.



**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII**  
 Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042, 895707 Fax (0274) 895330 Yogyakarta 55584

**SAND EQUIVALENT DATA**  
**AASHTO T 176 73**

Contoh dari : Clereng, Kab. Kulonprogo      Dikerjakan Oleh :  
 Jenis Contoh : Agregat Halus      Agus Priyo Santoso      90 310 140  
 Di Uji Tanggal : 18 Juli 2000      Teguh Prihartono      94 310 087  
 Untuk Proyek : Tugas Akhir Mahasiswa

TRIAL NUMBER		1	2	3
Seaking (10.1 Min)	Start	11.40 WIB		
	Stop	11.50 WIB		
Sedimentation Time (20 Min – 15 Sec)	Start	11.50 WIB		
	Stop	12.10 WIB		
Clay Reading		5,8 cm		
Sand Reading		4,0 cm		
SE = $\frac{\text{Sand Reading}}{\text{Clay Reading}} \times 100$		$\frac{4,0}{5,8} \times 100\% = 68,966\%$		
Average Sand Equivalent				

Yogyakarta, 9 Agustus 2001

Diketahui :

Ir. Iskandar. S, MT.



# LABORATORIUM JALAN RAYA

## FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042, 895707 Fax (0274) 895330 Yogyakarta 55584

### PEMERIKSAAN KELEKATAN AGREGAT TERHADAP ASPHAL

Contoh dari : Clereng, Kab. Kulonprogo      Dikerjakan Oleh :  
 Jenis Contoh : Agregat Halus      Agus Priyo Santoso      90 310 140  
 Di Uji Tanggal : 18 Juli 2000      Teguh Prihartono      94 310 087  
 Untuk Proyek : Tugas Akhir Mahasiswa

PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU
MULAI PEMANASAN	26°C	12.15 WIB
SELESAI PEMANASAN	140°C	12.25 WIB
DIDIAMKAN PADA SUHU RUANG		
MULAI	140°C	12.27 WIB
SELESAI	26°C	13.25 WIB
DIPERIKSA		
MULAI	25°C	08.45 WIB
SELESAI	26,5°C	09.15 WIB

### HASIL PENGAMATAN

BENDA UJI	PROSENTASE YANG DISELIMUTI ASPHAL
I	99%
II	
RATA-RATA	

Yogyakarta, 9 Agustus 2001

Diketahui :

Ir. Iskandar. S, MT.



# LABORATORIUM JALAN RAYA

## FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042, 895707 Fax (0274) 895330 Yogyakarta 55584

### ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

Contoh dari : Clereng, Kab. Kulonprogo Dikerjakan Oleh :  
 Jenis Agregat : Agregat Kasar dan Agregat Halus Agus Priyo Santoso 90 310 140  
 Pekerjaan : Analisa Saringan Kadar Aspal 5,5% Teguh Prihartono 94 310 087  
 Di Uji Tanggal : 21 September 2000  
 Untuk Proyek : Tugas Akhir Mahasiswa

NO. SARINGAN		BERAT TERTAHAN (gram)		JUMLAH PERSEN (%)		SPESIFIKASI	
mm	inch	tertahan	Jumlah	tertahan	lolos	min	max
12,70	1/2	0	0	0	100	100	
11,20	7/16	56,52	56,52	5	95	90	100
8,00	5/16	367,38	423,9	37,5	62,5	50	75
5,00	No. 4	254,34	678,24	60	40	30	50
2,00	No.10	169,56	847,8	75	25	20	30
0,71	No. 25	67,824	915,624	81	19	13	25
0,25	No. 60	45,216	960,84	85	15	10	20
0,09	No. 170	50,868	1011,708	89,5	10,5	8	13
PAN		118,692	1130,4	100	0	Filler Abu Batu Filler Marmer	

Berat Aspal : 5,5% x 1200 gram = 66 gram  
 Berat Serat Selulosa : 0,3% x 1200 gram = 3,6 gram  
 Berat agregat total : = 1130,4 gram  
 Berat benda uji : = 1200,0 gram

Yogyakarta, 9 Agustus 2001

Diketahui :

Ir. Iskandar. S, MT.



# LABORATORIUM JALAN RAYA

## FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042, 895707 Fax (0274) 895330 Yogyakarta 55584

### ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

Contoh dari : Clereng, Kab. Kulonprogo

Dikerjakan Oleh :

Jenis Agregat : Agregat Kasar dan Agregat Halus

Agus Priyo Santoso 90 310 140

Pekerjaan : Analisa Saringan Kadar Aspal 6%

Teguh Prihartono 94 310 087

Di Uji Tanggal : 21 September 2000

Untuk Proyek : Tugas Akhir Mahasiswa

NO. SARINGAN		BERAT TERTAHAN (gram)		JUMLAH PERSEN (%)		SPESIFIKASI	
mm	inch	tertahan	jumlah	tertahan	lolos	min	max
12,70	1/2	0	0	0	100	100	
11,20	7/16	56,22	56,22	5	95	90	100
8,00	5/16	365,43	421,65	37,5	62,5	50	75
5,00	No. 4	252,99	674,64	60	40	30	50
2,00	No.10	168,66	843,3	75	25	20	30
0,71	No. 25	67,464	910,764	81	19	13	25
0,25	No. 60	44,976	955,74	85	15	10	20
0,09	No. 170	50,598	1006,338	89,5	10,5	8	13
PAN		118,062	1124,4	100	0	Filler Abu Batu Filler Marmer	

Berat Aspal	: 6% x 1200 gram	=	72 gram
Berat Serat Selulosa	: 0,3% x 1200 gram	=	3,6 gram
Berat agregat total	:	=	1124,4 gram
Berat benda uji	:	=	1200,0 gram

Yogyakarta, 6 Oktober 2000

Diketahui :

Ir. Iskandar. S, MT.



# LABORATORIUM JALAN RAYA

## FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042, 895707 Fax (0274) 895330 Yogyakarta 55584

### ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

Contoh dari : Clereng, Kab. Kulonprogo Dikerjakan Oleh :  
 Jenis Agregat : Agregat Kasar dan Agregat Halus Agus Priyo Santoso 90 310 140  
 Pekerjaan : Analisa Saringan Kadar Aspal 6,5% Teguh Prihartono 94 310 087  
 (optimum) filler abu batu

Di Uji Tanggal : 21 September 2000

Untuk Proyek : Tugas Akhir Mahasiswa

NO. SARINGAN		BERAT TERTAHAN (gram)		JUMLAH PERSEN (%)		SPESIFIKASI	
Mm	inch	tertahan	jumlah	tertahan	lolos	min	max
12,70	1/2	0	0	0	100	100	
11,20	7/16	55,92	55,92	5	95	90	100
8,00	5/16	363,48	419,4	37,5	62,5	50	75
5,00	No. 4	251,64	671,04	60	40	30	50
2,00	No.10	167,76	838,8	75	25	20	30
0,71	No. 25	67,104	905,904	81	19	13	25
0,25	No. 60	44,736	950,64	85	15	10	20
0,09	No. 170	50,328	1000,968	89,5	10,5	8	13
PAN		117,432	1118,4	100	0	Filler Abu Batu Filler Marmer	

Berat Aspal : 6,5% x 1200 gram = 78 gram  
 Berat Serat Selulosa : 0,3% x 1200 gram = 3,6 gram  
 Berat agregat total : = 1118,4 gram  
 Berat benda uji : = 1200,0 gram +

Yogyakarta, 9 Agustus 2001

Diketahui :

Ir. Iskandar. S, MT.



# LABORATORIUM JALAN RAYA

## FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042, 895707 Fax (0274) 895330 Yogyakarta 55584

### ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

Contoh dari : Clereng, Kab. Kulonprogo

Dikerjakan Oleh :

Jenis Agregat : Agregat Kasar dan Agregat Halus

Agus Priyo Santoso 90 310 140

Pekerjaan : Analisa Saringan Kadar Aspal 7%

Teguh Prihartono 94 310 087

Di Uji Tanggal : 21 September 2000

Untuk Proyek : Tugas Akhir Mahasiswa

NO. SARINGAN		BERAT TERTAHAN (gram)		JUMLAH PERSEN (%)		SPESIFIKASI	
mm	inch	tertahan	Jumlah	tertahan	lolos	Min	max
12,70	1/2	0	0	0	100	100	
11,20	7/16	55,62	55,62	5	95	90	100
8,00	5/16	361,53	417,15	37,5	62,5	50	75
5,00	No. 4	250,29	667,44	60	40	30	50
2,00	No.10	166,86	834,3	75	25	20	30
0,71	No. 25	66,744	901,044	81	19	13	25
0,25	No. 60	44,496	945,54	85	15	10	20
0,09	No. 170	50,058	995,598	89,5	10,5	8	13
PAN		116,172	1106,4	100	0	Filler Abu Batu Filler Marmer	

Berat Aspal	: 7% x 1200 gram	=	84 gram
Berat Serat Selulosa	: 0,3% x 1200 gram	=	3,6 gram
Berat agregat total	:	=	1112,4 gram
Berat benda uji	:	=	1200,0 gram

Yogyakarta, 9 Agustus 2001

Diketahui :

Ir. Iskandar. S, MT.





# LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042, 895707 Fax (0274) 895330 Yogyakarta 55584

## ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

Contoh dari : Clereng, Kab. Kulonprogo

Dikerjakan Oleh :

Jenis Agregat : Agregat Kasar dan Agregat Halus

Agus Priyo Santoso 90 310 140

Pekerjaan : Analisa Saringan Kadar Aspal 7,5%

Teguh Prihartono 94 310 087

Di Uji Tanggal : 21 September 2000

Untuk Proyek : Tugas Akhir Mahasiswa

NO. SARINGAN		BERAT TERTAHAN (gram)		JUMLAH PERSEN (%)		SPESIFIKASI	
mm	inch	tertahan	jumlah	tertahan	lolos	min	max
12,70	1/2	0	0	0	100	100	
11,20	7/16	55,32	55,32	5	95	90	100
8,00	5/16	359,58	414,9	37,5	62,5	50	75
5,00	No. 4	248,94	663,84	60	40	30	50
2,00	No.10	165,96	829,8	75	25	20	30
0,71	No. 25	66,384	896,184	81	19	13	25
0,25	No. 60	44,256	940,44	85	15	10	20
0,09	No. 170	49,788	990,228	89,5	10,5	8	13
PAN		116,172	1106,4	100	0	Filler Abu Batu Filler Marmer	

Berat Aspal : 7,5% x 1200 gram = 90 gram

Berat Serat Selulosa : 0,3% x 1200 gram = 3,6 gram

Berat agregat total : = 1106,4 gram

Berat benda uji : = 1200,0 gram +

Yogyakarta, 9 Agustus 2001

Diketahui :

Ir. Iskandar. S, MT.



# LABORATORIUM JALAN RAYA

## FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042, 895707 Fax (0274) 895330 Yogyakarta 55584

### ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

Contoh dari : Clereng, Kab. Kulonprogo Dikerjakan Oleh :  
 Jenis Agregat : Agregat Kasar dan Agregat Halus Agus Priyo Santoso 90 310 140  
 Pekerjaan : Analisa Saringan Kadar Aspal 6,5% Teguh Prihartono 94 310 087  
 (optimum), filler Abu Batu

Di Uji Tanggal : 21 September 2000

Untuk Proyek : Tugas Akhir Mahasiswa

NO. SARINGAN		BERAT TERTAHAN (gram)		JUMLAH PERSEN (%)		SPESIFIKASI	
Mm	inch	tertahan	jumlah	tertahan	lolos	min	max
12,70	1/2	0	0	0	100	100	
11,20	7/16	55,92	55,92	5	95	90	100
8,00	5/16	363,48	419,4	37,5	62,5	50	75
5,00	No. 4	251,64	671,04	60	40	30	50
2,00	No.10	167,76	838,8	75	25	20	30
0,71	No. 25	67,104	905,904	81	19	13	25
0,25	No. 60	44,736	950,64	85	15	10	20
0,09	No. 170	50,328	1000,968	89,5	10,5	8	13
PAN		117,432	1118,4	100	0	Filler Abu Batu Filler Marmer	

Berat Aspal : 6,5% x 1200 gram = 78 gram  
 Berat Serat Selulosa : 0,3% x 1200 gram = 3,6 gram  
 Berat agregat total : = 1118,4 gram  
 Berat benda uji : = 1200,0 gram +

Yogyakarta, 9 Agustus 2001

Diketahui :

Ir. Iskandar. S, MT.



# LABORATORIUM JALAN RAYA

## FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042, 895707 Fax (0274) 895330 Yogyakarta 55584

### ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

Contoh dari : Clereng, Kab. Kulonprogo Dikerjakan Oleh :  
 Jenis Agregat : Agregat Kasar dan Agregat Halus Agus Priyo Santoso 90 310 140  
 Pekerjaan : Analisa Saringan Kadar Aspal 6,25% Teguh Prihartono 94 310 087  
 (optimum), filler Marmer  
 Di Uji Tanggal : 21 September 2000  
 Untuk Proyek : Tugas Akhir Mahasiswa

NO. SARINGAN		BERAT TERTAHAN (gram)		JUMLAH PERSEN (%)		SPESIFIKASI	
Mm	inch	tertahan	jumlah	tertahan	lolos	min	max
12,70	1/2	0	0	0	100	100	
11,20	7/16	48,711	48,711	5	95	95	100
8,00	5/16	360,46	365,232	37,5	62,5	50	75
5,00	No. 4	219,121	584,453	60	40	30	50
2,00	No.10	146,212	730,665	75	25	20	30
0,71	No. 25	58,453	789,118	81	19	13	25
0,25	No. 60	38,966	828,087	85	15	10	20
0,09	No. 170	43,839	871,926	89,5	10,5	8	13
Pan		147,183	1121,4	100	-	Filler Semen Filler Marmer	

Berat Aspal : 6,25% x 1200 gram = 75 gram  
 Berat Serat Selulosa : 0,3% x 1200 gram = 3,6 gram  
 Berat agregat total : = 1121,40 gram  
 Berat benda uji : = 1200,00 gram +

Yogyakarta, 11 Agustus 2001

Diketahui :

Ir. Iskandar. S, MT.



# LABORATORIUM JALAN RAYA

## FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042, 895707 Fax (0274) 895330 Yogyakarta 55584

### PEMERIKSAAN

#### TITIK NYALA DAN TITIK BAKAR ASPHAL

Contoh dari : Lab. Jalan Raya FTSP UII Dikerjakan Oleh :  
 Jenis Contoh : Aspal AC 60 – 70 Agus Priyo Santoso 90 310 140  
 Di Uji Tanggal : 20 Juli 2000 Teguh Prihartono 94 310 087  
 Untuk Proyek : Tugas Akhir Mahasiswa

PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU
MULAI PEMANASAN	26°C	10.00 WIB
SELESAI PEMANASAN	110°C	11.15 WIB
DIDIAMKAN PADA SUHU RUANG		
MULAI	110°C	11.30 WIB
SELESAI	26°C	12.30 WIB
DIPERIKSA		
MULAI	26°C	12.55 WIB
SELESAI	232°C	13.48 WIB

#### HASIL PENGAMATAN

CAWAN	TITIK NYALA	TITIK BAKAR
I	309°C	320°C
II		
RATA-RATA		

Yogyakarta, 9 Agustus 2001

Diketahui :

Ir. Iskandar. S, MT.



# LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042, 895707 Fax (0274) 895330 Yogyakarta 55584

## PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPHAL

Contoh dari : Lab. Jalan Raya FTSP UII Dikerjakan Oleh :  
 Jenis Contoh : Aspal AC 60 – 70 Agus Priyo Santoso 90 310 140  
 Di Uji Tanggal : 20 Juli 2000 Teguh Prihartono 94 310 087  
 Untuk Proyek : Tugas Akhir Mahasiswa

PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU
MULAI PEMANASAN	26°C	11.05 WIB
SELESAI PEMANASAN	110°C	11.20 WIB
DIDIAMKAN PADA SUHU RUANG		
MULAI	110°C	11.40 WIB
SELESAI	26°C	12.40 WIB
DIPERIKSA		
MULAI	5°C	14.30 WIB
SELESAI	52°C	14.50 WIB

## HASIL PENGAMATAN

NO.	SUHU YANG DIAMATI (°C)	WAKTU (DETIK)		TITIK LEMBEK	
		I	II	I	II
1.	5	0	0	54°C	53°C
2.	10	68	69		
3.	15	50,5	50,8		
4.	20	52	52		
5.	25	75	75		
6.	30	86	86		
7.	35	60	60		
8.	40	58	58		
9.	45	62,5	62,5		
10.	50	64	64		
11.	55	35	20		

Yogyakarta, 9 Agustus 2001

Diketahui :

Ir. Iskandar. S, MT.



# LABORATORIUM JALAN RAYA

## FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042, 895707 Fax (0274) 895330 Yogyakarta 55584

### PEMERIKSAAN PENETRASI ASPHAL

Contoh dari : Lab. Jalan Raya FTSP UII      Dikerjakan Oleh :  
Jenis Contoh : Aspal AC 60 – 70      Agus Priyo Santoso 90 310 140  
Di Uji Tanggal : 23 Juli 2000      Teguh Prihartono 94 310 087  
Untuk Proyek : Tugas Akhir Mahasiswa

PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU
MULAI PEMANASAN	26°C	11.05 WIB
SELESAI PEMANASAN	110°C	11.20 WIB
DIDIAMKAN PADA SUHU RUANG		
MULAI	110°C	11.40 WIB
SELESAI	26°C	12.40 WIB
DIRENDAM AIR DENGAN SUHU (25°C)		
MULAI	25°C	12.55 WIB
SELESAI	25°C	13.55 WIB
DIPERIKSA		
MULAI	25°C	14.00 WIB
SELESAI	25°C	WIB



# LABORATORIUM JALAN RAYA

## FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042, 895707 Fax (0274) 895330 Yogyakarta 55584

### HASIL PENGAMATAN

NO.	CAWAN ( I )	CAWAN ( II )	SKET HASIL PEMERIKSAAN	
			I	II
1.	66 mm	67 mm		
2.	67 mm	66 mm		
3.	67 mm	69 mm		
4.	65 mm	69 mm		
5.	68 mm	68 mm		

Yogyakarta, 9 Agustus 2001

Diketahui :

Ir. Iskandar. S, MT.



# LABORATORIUM JALAN RAYA

## FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042, 895707 Fax (0274) 895330 Yogyakarta 55584

### PEMERIKSAAN

#### DAKTILITAS (DUCTILITY) / RESIDU

Contoh dari : Lab. Jalan Raya FTSP UII Dikerjakan Oleh :  
 Jenis Contoh : Aspal AC 60 – 70 Agus Priyo Santoso 90 310 140  
 Di Uji Tanggal : 23 Juli 2000 Teguh Prihartono 94 310 087  
 Untuk Proyek : Tugas Akhir Mahasiswa

Persipan benda Uji	Contoh dipanaskan	15 menit mulai 10.05 WIB selesai 10.20 WIB	Pembacaan suhu oven $\pm 135^{\circ}\text{C}$
Mendinginkan benda Uji	Didiamkan pada suhu ruang	60 menit mulai 10.40 WIB selesai 11.40 WIB	
Perendaman benda Uji	Direndam dalam Water Bath pada suhu $25^{\circ}\text{C}$	60 menit mulai 11.55 WIB selesai 12.55 WIB	Pembacaan suhu water Bath $\pm 25^{\circ}\text{C}$
Pemeriksaan	Daktalitas pada $25^{\circ}\text{C}$ 5 cm per menit	20 menit mulai 12.55 WIB selesai 13.15 WIB	Pembacaan suhu alat $\pm 25^{\circ}\text{C}$

DAKTILITAS pada $25^{\circ}\text{C}$ 5 cm per menit	Pembacaan pengukur pada alat
Pengamatan I	128 cm
Pengamatan II	128 cm
Rata-rata ( I + II )	$(165,1 + 165,1) = 165,1 \text{ cm}$

Yogyakarta, 9 Agustus 2001

Diketahui :

Ir. Iskandar. S, MT.





# LABORATORIUM JALAN RAYA

## FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042, 895707 Fax (0274) 895330 Yogyakarta 55584

### PEMERIKSAAN

### BERAT JENIS ASPHAL

Contoh dari : Lab. Jalan Raya FTSP UII Dikerjakan Oleh :  
 Jenis Contoh : Aspal AC 60 – 70 Agus Priyo Santoso 90 310 140  
 Di Uji Tanggal : 24 Juli 2000 Teguh Prihartono 94 310 087  
 Untuk Proyek : Tugas Akhir Mahasiswa

NO.	URUTAN PEMERIKSAAN	BERAT
1.	Berat Vicnometer kosong	17,60 gram
2.	Berat Vicnometer + Aquadest	40,39 gram
3.	Berat air (2 – 1)	22,79 gram
4.	Berat Vicnometer + Aspal	19,60 gram
5.	Berat Aspal (4 – 1)	2,000 gram
6.	Berat Vicnometer + Aspal + Aquadest	40,60 gram
7.	Berat airnya saja (6 – 4)	21,00 gram
8.	Volume Aspal (3 – 7)	1,790 gram
9.	Berat Jenis Aspal : berat/vol (5/8)	1,117 gram

Yogyakarta, 9 Agustus 2001

Diketahui :

Ir. Iskandar. S, MT.



# LABORATORIUM JALAN RAYA

## FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042, 895707 Fax (0274) 895330 Yogyakarta 55584

### PEMERIKSAAN

#### KELARUTAN DALAM CCL4 ( Solubility )

Contoh dari : Lab. Jalan Raya FTSP UII Dikerjakan Oleh :  
 Jenis Contoh : Aspal AC 60 – 70 Agus Priyo Santoso 90 310 140  
 Di Uji Tanggal : 24 Juli 2000 Teguh Prihartono 94 310 087  
 Untuk Proyek : Tugas Akhir Mahasiswa

NO.	URUTAN PEMERIKSAAN	BERAT
-----	--------------------	-------

Pembukaan contoh	DIPANASKAN	Pembacaan Waktu	Pembacaan Suhu
	Mulai - Selesai -		
PEMERIKSAAN			
1. Penimbangan	Mulai 10.15 WIB		
2. Pelarutan	Mulai 10.25 WIB		27°C
3. Penyaringan	Mulai 11.04 WIB Selesai 11.14 WIB	10 menit 39 menit	27°C 27°C
4. Di Oven	Mulai 11.15 WIB	10 menit	27°C
5. Penimbangan	Selesai 11.45 WIB	25 menit 5 menit	27°C 27°C

- |   |             |
|---|-------------|
| 1. Berat botol Erlenmeyer kosong                                | = 73 gram   |
| 2. Berat Erlenmeyer + Aspal                                     | = 75 gram   |
| 3. Berat Aspal ( 2 – 1 )  | = 2,05 gram |
| 4. Berat kertas saring bersih                                   | = 0,6 gram  |
| 5. Berat kertas saring + endapan                                | = 0,62 gram |
| 6. Berat endapannya saja  | = 0,02 gram |
| 7. Persentase endapan $\left( \frac{6}{3} \right) \times 100\%$ | = 0,03 %    |
| 8. Bitumen yang larut ( 100% - 7 )                              | = 99,025 %  |

Yogyakarta, 9 Agustus 2001

Diketahui :

Ir. Iskandar. S, MT.



# LABORATORIUM JALAN RAYA

## FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042, 895707 Fax (0274) 895330 Yogyakarta 55584

Contoh dari : Clereng, Kab. Kulon Progo  
 Jenis Contoh : Split Mastic Asphalt + Roadcell 50 (Immersion), Abu batu  
 Di Uji Tanggal : 27 Juli 2001  
 Untuk Proyek : Tugas Akhir Mahasiswa

Dikerjakan Oleh : Agus Priyo Santoso  
 Teguh Prihartono

1/2 jam.

No	t (mm)	a (%)	b (%)	c (gr)	d (gr)	e (gr)	f (cc)	g	h	i (%)	j (%)	k (%)	l (%)	m (%)	n (%)	o	p (kg)	q (kg)	r (mm)	Q <sub>M</sub> (kg/mm)
I	69,36	7,190	6,5	1187,00	1206,00	656,00	550,00	2,158	2,472	13,889	74,737	11,374	25,263	54,979	12,711	294,00	1007,538	810,061	3,780	214,302
II	74,96	7,190	6,5	1256,00	1280,00	687,00	593,00	2,118	2,472	13,631	73,347	13,022	26,653	51,143	14,335	274,00	938,998	754,954	3,048	247,688
Rata-rata	72,160	7,190	6,50	1221,500	1243,000	671,500	571,500	2,138	2,472	13,760	74,042	12,198	25,958	53,061	13,523	284,000	973,268	782,507	3,414	230,995

1 hari

No	t (mm)	a (%)	b (%)	c (gr)	d (gr)	e (gr)	f (cc)	g	h	i (%)	j (%)	k (%)	l (%)	m (%)	n (%)	o	p (kg)	q (kg)	r (mm)	Q <sub>M</sub> (kg/mm)
I	66,16	7,190	6,5	1192,00	1203,00	669,00	534,00	2,232	2,472	14,366	77,301	8,334	22,699	63,287	9,717	280,00	959,560	771,486	4,120	187,254
II	65,10	7,190	6,5	1197,00	1200,00	685,00	515,00	2,324	2,472	14,958	80,489	4,553	19,511	76,664	5,994	267,00	915,009	735,667	3,020	243,598
Rata-rata	65,630	7,190	6,50	1194,500	1201,500	677,000	524,500	2,278	2,472	14,662	78,895	6,443	21,105	69,975	7,855	273,500	937,285	753,577	3,570	215,426

4 hari

No	t (mm)	a (%)	b (%)	c (gr)	d (gr)	e (gr)	f (cc)	g	h	i (%)	j (%)	k (%)	l (%)	m (%)	n (%)	o	p (kg)	q (kg)	r (mm)	Q <sub>M</sub> (kg/mm)
I	67,96	7,190	6,5	1167,00	1212,00	662,00	550,00	2,122	2,472	13,655	73,478	12,867	26,522	51,486	14,182	260,00	891,020	716,380	3,810	188,026
II	71,00	7,190	6,5	1179,00	1200,00	650,00	550,00	2,144	2,472	13,796	74,233	11,971	25,767	53,541	13,299	254,00	870,458	699,848	3,048	229,609
Rata-rata	69,480	7,190	6,50	1173,000	1206,000	656,000	550,000	2,133	2,472	13,725	73,856	12,419	26,144	52,513	13,741	257,000	880,739	708,114	3,429	208,818

Yogyakarta, 11 Agustus 2001  
 Diketahui :

Ir. Iskandar S. MT.



# LABORATORIUM JALAN RAYA

## FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kalitirang Km. 14,4 Telp. 895042, 895707 Fax (0274) 895330 Yogyakarta 55584

Contoh dari : Clereng, Kab. Kulon Progo  
 Jenis Contoh : Split Mastic Asphalt + Roadcell 50 (Immersion), Marmer  
 Di Uji Tanggal : 27 Juli 2001  
 Untuk Proyek : Tugas Akhir Mahasiswa

Dikerjakan Oleh :  
 Agus Priyo Santoso 90 310 140  
 Teguh Prihartono 94 310 087

		½ jam																		
No	t (mm)	a (%)	b (%)	c (gr)	d (gr)	e (gr)	f (cc)	g	h	i (%)	j (%)	k (%)	l (%)	m (%)	n (%)	o	p (kg)	q (kg)	r (mm)	QM (kg/mm)
I	69,10	7,190	6,25	1181,0	1183,0	678,0	505,0	2,339	2,472	14,472	81,202	4,327	18,798	76,984	5,413	389,00	1333,103	1071,815	3,810	281,316
II	65,00	7,190	6,25	1193,00	1197,00	683,00	514,00	2,321	2,472	14,363	80,591	5,047	19,409	73,999	6,125	399,00	1367,373	1099,368	3,048	360,685
<b>Rata-rata</b>	<b>67,050</b>	<b>7,190</b>	<b>6,25</b>	<b>1187,000</b>	<b>1190,000</b>	<b>680,500</b>	<b>509,500</b>	<b>2,330</b>	<b>2,472</b>	<b>14,417</b>	<b>80,896</b>	<b>4,687</b>	<b>19,104</b>	<b>75,492</b>	<b>5,769</b>	<b>394,000</b>	<b>1350,238</b>	<b>1085,591</b>	<b>3,429</b>	<b>321,001</b>

		1 hari																		
No	t (mm)	a (%)	b (%)	c (gr)	d (gr)	e (gr)	f (cc)	g	h	i (%)	j (%)	k (%)	l (%)	m (%)	n (%)	o	p (kg)	q (kg)	r (mm)	QM (kg/mm)
I	63,73	7,190	6,25	1192,00	1197,00	683,00	514,00	2,319	2,472	14,351	80,523	5,126	19,477	73,681	6,204	270,00	925,290	743,933	3,810	195,258
II	62,96	7,190	6,25	1173,00	1177,00	676,00	501,00	2,341	2,472	14,488	81,296	4,216	18,704	77,460	5,304	306,00	1048,662	843,124	3,048	276,616
<b>Rata-rata</b>	<b>63,345</b>	<b>7,190</b>	<b>6,25</b>	<b>1182,500</b>	<b>1187,000</b>	<b>679,500</b>	<b>507,500</b>	<b>2,330</b>	<b>2,472</b>	<b>14,420</b>	<b>80,909</b>	<b>4,671</b>	<b>19,091</b>	<b>75,570</b>	<b>5,754</b>	<b>288,000</b>	<b>986,976</b>	<b>793,529</b>	<b>3,429</b>	<b>235,937</b>

		4 hari																		
No	t (mm)	a (%)	b (%)	c (gr)	d (gr)	e (gr)	f (cc)	g	h	i (%)	j (%)	k (%)	l (%)	m (%)	n (%)	o	p (kg)	q (kg)	r (mm)	QM (kg/mm)
I	63,53	7,190	6,25	1180,00	1185,00	676,00	509,00	2,000	2,472	12,376	69,444	18,179	30,556	40,504	19,109	300,00	1028,100	826,592	3,810	216,953
II	71,50	7,190	6,25	1187,00	1213,00	656,00	557,00	2,131	2,472	13,187	73,995	12,818	26,005	50,711	13,808	245,00	839,615	675,050	3,048	221,473
<b>Rata-rata</b>	<b>67,515</b>	<b>7,190</b>	<b>6,25</b>	<b>1183,500</b>	<b>1199,000</b>	<b>666,000</b>	<b>533,000</b>	<b>2,066</b>	<b>2,472</b>	<b>12,782</b>	<b>71,720</b>	<b>15,498</b>	<b>28,280</b>	<b>45,607</b>	<b>16,459</b>	<b>272,500</b>	<b>933,858</b>	<b>750,821</b>	<b>3,429</b>	<b>219,213</b>

Yogyakarta, 11 Agustus 2001  
 Diketahui :

Ir. Iskandar S. MT.



# LABORATORIUM JALAN RAYA

## FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kalurang Km. 14,4 Telp. 895042, 895707 Fax (0274) 895330 Yogyakarta 55584

Contoh dari : Clereng, Kab. Kulon Progo  
 Jenis Contoh : Split Mastic Asphalt + Roadcell 50 (filler limbah marmer)  
 Di Uji Tanggal : 28 September 2000  
 Untuk Proyek : Tugas Akhir Mahasiswa

Dikerjakan Oleh :  
 Agus Priyo Santoso 90 310 140  
 Teguh Prihartono 94 310 087

### PERHITUNGAN TEST MARSHALL

No	t (mm)	a (%)	b (%)	c (gr)	d (gr)	e (gr)	f (cc)	g	h	i (%)	j (%)	k (%)	l (%)	m (%)	n (%)	e	p (kg)	q (kg)	r (mm)	OM (kg/bmm)
	73,20	5,820	5,5	1175,00	1180,00	678,00	502,00	2,341	2,472	12,746	81,922	5,332	18,078	70,507	5,332	382,00	1309,114	1052,528	3,810	276,254
II	72,80	5,820	5,5	1176,00	1182,00	675,00	507,00	2,320	2,472	12,631	81,183	6,185	18,817	67,127	6,185	401,00	1374,227	1104,879	3,048	362,493
III	72,70	5,820	5,5	1177,00	1180,00	673,00	507,00	2,321	2,472	12,642	81,252	6,106	18,748	67,432	6,106	427,00	1463,329	1176,517	3,556	330,854
Rata-rata	72,90	5,820		1176,00	1180,67	675,33	505,33	2,327	2,472	12,673	81,453	5,874	18,547	68,355	5,874	403,33	1382,223	1111,308	3,471	323,200
I	72,70	6,383	6	1182,00	1184,00	678,00	506,00	2,336	2,454	13,877	81,326	4,797	18,674	74,313	4,797	375,00	1285,125	1033,241	3,556	290,563
II	71,90	6,383	6	1180,00	1182,00	677,00	505,00	2,337	2,454	13,881	81,349	4,770	18,651	74,427	4,770	469,00	1607,263	1292,239	4,064	317,972
III	73,30	6,383	6	1181,00	1183,00	681,00	502,00	2,353	2,454	13,976	81,905	4,119	18,095	77,235	4,119	261,00	894,447	719,135	4,064	176,953
Rata-rata	72,63	6,383		1181,00	1183,00	678,67	504,33	2,342	2,454	13,911	81,527	4,562	18,473	75,325	4,562	368,33	1262,278	1014,872	3,895	261,829
I	72,10	6,952	6,5	1180,00	1190,00	681,00	509,00	2,318	2,435	14,920	80,281	4,800	19,719	75,660	4,800	418,00	1432,486	1151,719	3,302	348,794
II	70,90	6,952	6,5	1182,00	1186,00	682,00	504,00	2,345	2,435	15,093	81,215	3,692	18,785	80,345	3,692	407,00	1394,789	1121,410	4,064	275,938
III	70,80	6,952	6,5	1186,00	1190,00	682,00	508,00	2,335	2,435	15,025	80,848	4,127	19,152	78,451	4,127	411,00	1408,497	1132,432	3,810	297,226
Rata-rata	71,27	6,952		1181,00	1188,67	681,67	507,00	2,329	2,435	15,013	80,781	4,206	19,219	78,152	4,206	412,00	1411,924	1135,187	3,725	307,319
I	70,50	7,527	7	1185,00	1188,00	675,00	513,00	2,310	2,417	16,009	79,565	4,426	20,435	78,342	4,426	438,00	1501,026	1206,825	4,318	279,487
II	70,70	7,527	7	1180,00	1180,00	681,00	499,00	2,365	2,417	16,389	81,452	2,159	18,548	88,360	2,159	361,00	1237,147	994,666	4,318	230,353
III	72,00	7,527	7	1186,00	1188,00	680,00	508,00	2,335	2,417	16,181	80,416	3,404	19,584	82,620	3,404	237,00	812,199	653,008	4,318	151,229
Rata-rata	71,07	7,527		1183,67	1185,33	678,67	506,67	2,336	2,417	16,193	80,477	3,330	19,523	83,108	3,330	345,33	1183,457	951,500	4,318	220,357
I	70,50	8,108	7,5	1173,00	1187,00	678,00	509,00	2,305	2,399	17,113	78,951	3,936	21,049	81,300	3,936	312,00	1069,224	859,656	5,334	161,165
II	70,70	8,108	7,5	1183,00	1187,00	680,00	507,00	2,333	2,399	17,327	79,938	2,735	20,062	86,367	2,735	256,00	877,312	705,359	5,842	120,739
III	72,00	8,108	7,5	1179,00	1182,00	676,00	506,00	2,330	2,399	17,302	79,825	2,872	20,175	85,763	2,872	322,00	1103,494	887,209	5,080	174,647
Rata-rata	71,07	8,108		1178,33	1185,33	678,00	507,33	2,323	2,399	17,247	79,572	3,181	20,428	84,477	3,181	296,67	1016,677	817,408	5,419	152,184

Yogyakarta, 11 Agustus 2001

Diketahui :

Ir. Iskandar. S. MT.

