

**TUGAS AKHIR**  
**PENELITIAN LABORATORIUM**  
**PENGARUH PENGGUNAAN SEMEN PORTLAND DAN**  
**BATU ANDESIT SEBAGAI FILLER TERHADAP**  
**PERILAKU CAMPURAN SPLIT MASTIC ASPHALT**



Disusun Oleh :

**M. BURHANUDIN**

No. Mhs. : 88 310 163

NIRM : 88 5014330145

**ENUR MUTAKIN**

No. Mhs. : 88 310 177

NIRM : 88 5014330155

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**YOGYAKARTA**  
**1997**

**TUGAS AKHIR  
PENELITIAN LABORATORIUM  
PENGARUH PENGGUNAAN SEMEN PORTLAND DAN  
BATU ANDESIT SEBAGAI FILLER TERHADAP  
PERILAKU CAMPURAN SPLIT MASTIC ASPHALT**

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

*Di susun Oleh :*

Nama : M. Burhanudin  
No Mhs : 88 310 163  
Nirm : 88 5014330145

Nama : Enur Mutakin  
No Mhs : 88 310 177  
Nirm : 88 5014330155

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
1997**

**TUGAS AKHIR**  
**PENELITIAN LABORATORIUM**  
**PENGARUH PENGGUNAAN SEMEN PORTLAND DAN**  
**BATU ANDESIT SEBAGAI FILLER TERHADAP**  
**PERILAKU CAMPURAN SPLIT MASTIC ASPHALT**




*Di susun Oleh :*

Nama : M. Burhanudin  
No. Mhs. : 88 310 163  
Nirm. : 88 5014330145

Nama : Enur Mutakin  
No Mhs. : 88 310 177  
Nirm. : 88 5014330155

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H. Wardani Sartono, MSc.  
Dosen Pembimbing I

  
Tanggal : 24-6-97

Ir. Subarkah, MT.  
Dosen Pembimbing II

  
Tanggal : 24-10-1997

## KATA PENGANTAR

*Assalamu 'alaikum Wr. Wb*

Dengan mengucapkan syukur kehadiran Allah SWT yang telah mencurahkan rahmat dan karomah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “ **PENGARUH PENGGUNAAN SEMEN PORTLAND DAN BATU ANDESIT SEBAGAI FILLER TERHADAP PERILAKU CAMPURAN SPLIT MASTIC ASPHALT ( SMA )** “.

Tugas akhir ini merupakan kewajiban bagi mahasiswa tingkat akhir sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan, maka dari itu saran, koreksi dan kritik sangat penulis harapkan.

Pada kesempatan yang baik ini, perkenankanlah penulis menghaturkan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada Ayahanda dan Ibunda, serta raka semuanya atas doá restu dan dorongan yang tiada hentinya, dan kepada merekalah Tugas Akhir ini dipersembahkan. Juga tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada yang terhormat :

1. Bapak Ir. H. Wardani Sartono, MSc., selaku dosen pembimbing I pada Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Subarkah, MT., selaku dosen pembimbing II pada Tugas Akhir ini.

3. Bapak Ir. H. Susastrawan, SU., selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
4. Bapak Ir. Bambang Sulistiono, MSCE., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Indonesia Yogyakarta.
5. Saudara Syamsudin dan Sukamto, selaku staf Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
6. Teman-teman Inirsia '88 terutama Mas Budi Krisno yang telah memberikan sebagian ilmu “excel”nya, oom Ichwan Herinaldi yang membantu dalam proses editing, serta de’ Munti Saromah yang rela meminjamkan komputer untuk menyelesaikan “pe-er” pendadaran.

Semoga amal baik yang telah diberikan dapat balasan dari Allah SWT yang tiada terhitung.

Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini bermanfaat untuk kita semua.

*Wassalamu 'alaikum Wr. Wb.*

Yogyakarta, Mei 1997

Penyusun

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR TABEL .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR LAMPIRAN .....	x
DAFTAR NOTASI .....	xi
INTISARI .....	xiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Manfaat Penelitian .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Batasan masalah .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1 Aspal .....	4
2.2 Agregat .....	6
2.3 <i>Filler</i> .....	10
2.4 <i>Split Mastic Asphalt</i> .....	13
2.5 Bahan Tambah .....	14
2.6 Modulus Kekakuan .....	19
2.6.1 Kekakuan Bitumen ( <i>Bitumen Stiffness</i> ) .....	19
2.6.2 Kekakuan Campuran ( <i>Mix Stiffness</i> ).....	22
BAB III LANDASAN TEORI.....	26

3.1	Konstruksi Perkerasan .....	26
3.2	Karakteristik Campuran <i>Split Mastic Asphalt</i> dengan Bahan Tambah Serat Selulosa (SMA+S) .....	29
3.2.1	Stabilitas .....	29
3.2.2	Keawetan/Daya Tahan (Durabilitas) .....	30
3.2.3	Kelenturan (Fleksibilitas) .....	31
3.2.4	Tahanan Gesek/Kekesatan (Skid Resistance) .....	31
3.2.5	Ketahanan kelelahan (Fatigue Resistance) .....	32
3.2.6	Kemudahan dalam pelaksanaan (workability) .....	32
3.3	Syarat-syarat kekuatan struktural .....	33
3.4	Split Mastic Asphalt .....	34
3.4.1	Pengertian umum .....	34
3.4.2	Spesifikasi teknik (Bina Marga) tahun 1992 .....	34
3.4.3	Sifat-sifat SMA .....	34
3.4.4	Bahan pendukung.....	34
BAB IV	HIPOTESIS .....	47
BAB V	CARA PENELITIAN .....	48
5.1	Diagram Alir Penelitian Laboratorium .....	48
5.2	Bahan .....	49
5.2.1	Asal Bahan .....	49
5.2.2	Persyaratan dan Pemeriksaan Bahan .....	49
5.3	Perencanaan campuran ideal .....	53
5.3.1	Gradasi agregat ideal .....	53
5.3.2	Kadar aspal .....	54
5.3.3	Kadar serat selulosa .....	55
5.3.4	Filler .....	55
5.4	Pembuatan benda uji .....	55
5.4.1	Persiapan benda uji .....	55

5.4.2	Cara pengujian .....	58
5.4.3	Alat yang digunakan .....	59
5.4.4	Anggapan Dasar .....	60
5.4.5	Cara analisis .....	61
<b>BAB VI</b>	<b>HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>64</b>
6.1	Hasil Penelitian .....	64
6.1.1	Hasil Pengujian Bahan .....	64
6.1.2	Hasil Pengujian Kadar Aspal Optimum .....	65
6.1.3	Hasil Pengujian .....	67
6.2	Pembahasan .....	68
6.2.1	Pengaruh Terhadap Kepadatan ( <i>Density</i> ) .....	68
6.2.2	Pengaruh Terhadap VITM ( <i>Void In The Mix</i> ) .....	69
6.2.3	Pengaruh Terhadap VFWA ( <i>Void Filled With Asphalat</i> ) ....	71
6.2.4	Pengaruh Terhadap Stabilitas .....	72
6.2.5	Pengaruh Terhadap Flow .....	74
6.2.6	Pengaruh Terhadap Nilai QM ( <i>Quotient Marshall</i> ) .....	76
6.2.7	Evaluasi hasil laboratorium terhadap spesifikasi .....	77
6.2.8	Modulus Kekakuan Bitumen ( <i>S bit</i> ) .....	78
6.2.9	Modulus Kekakuan Campuran .....	80
<b>BAB VII</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>87</b>
<b>PENUTUP</b>	.....	<b>89</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	.....	<b>90</b>
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN</b>	.....	<b>91</b>



## DAFTAR TABEL

1.	Tabel 3.1	Sifat-sifat Split Mastic Asphalt .....	35
2.	Tabel 3.2	Hasil pemeriksaan aspal AC 60-70 .....	41
3.	Tabel 3.3	Gradasi agregat Split Mastic Asphalt + Selulosa .....	43
4.	Tabel 3.4	Sifat-sifat serat Selulosa .....	46
5.	Tabel 5.1	Gradasi agregat ideal untuk SMA .....	54
6.	Tabel 6.1	Persyaratan agregat kasar dan hasil pengujian Laboratorium .....	64
7.	Tabel 6.2	Persyaratan agregat halus dan hasil percobaan Laboratorium .....	64
8.	Tabel 6.3	Persyaratan aspal AC 60 – 70 dan hasil penelitian Laboratorium .....	65
9.	Tabel 6.4	Hasil uji Marshall dengan variasi kadar aspal .....	65
10.	Tabel 6.5	Tabel uji marshall pada campuran SMA + Selulosa dengan agregat kasar dengan menggunakan Batu Andesit kadar aspal Optimum 6,395 % untuk jenis filler batuan Andesit .....	67
11.	Tabel 6.6	Tabel uji Marshall pada campuran SMA + Selulosa dengan agregat kasar dengan menggunakan Semen Portland dengan kadar aspal optimum 6,395 % untuk jenis semen Portland.....	67
12.	Tabel 6.7	Perhitungan kekakuan campuran dengan nomogram shell untuk filler debu batu Andesit .....	82
13.	Tabel 6.8	Perhitungan kekakuan campuran dengan nomogram shell untuk filler semen Portland .....	82
14.	Tabel 6.9	Perhitungan kekakuan campuran menurut formula Heuklomp and Klomp untuk filler batu Andesit .....	85
15.	Tabel 6.10	Perhitungan kekakuan campuran menurut formula Heuklomp and Klomp untuk semen Portland .....	85

## DAFTAR GAMBAR

1.	Gambar 2.1	Nomogram untuk menetapkan kekakuan bitumen (S bit) .....	21
2.	Gambar 2.2	Nomogram penentuan kekakuan campuran (S mix).....	25
3.	Gambar 6.1	Kadar aspal optimum .....	66
4.	Gambar 6.2	Hubungan kadar dan jenis filler dengan density .....	68
5.	Gambar 6.3	Hubungan kadar dan jenis filler dengan VITM .....	70
6.	Gambar 6.4	Hubungan kadar dan jenis filler dengan VFWA .....	71
7.	Gambar 6.5	Hubungan kadar dan jenis filler dengan stabilitas .....	73
8.	Gambar 6.6	Hubungan kadar dan jenis filler dengan flow .....	75
9.	Gambar 6.7	Hubungan kadar dan jenis filler dengan quotient marshall ...	76
10.	Gambar 6.8	Penentuan kadar filler optimum untuk filler batu andesit .....	77
11.	Gambar 6.9	Penentuan kadar filler optimum untuk filler semen portland ...	78
12.	Gambar 6.10	Kekakuan campuran campuran untuk filler semen portland dan batu andesit menggunakan nomogram shell .....	83
13.	Gambar 6.11	Kekakuan campuran untuk filler semen portland dan batu andesit menurut formula Heuklomp and klomp .....	87

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	1 - 2	Surat bimbingan Tugas Akhir
Lampiran	3	Rekomendasi penelitian terhadap batu andesit
Lampiran	4	Kartu bimbingan konsultasi
Lampiran	5	Pemeriksaan keausan agregat (abrasi test), batu andesit asal Bukit Cibajaran Tasikmalaya
Lampiran	6	Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus, batu andesit asal Bukit Cibajaran Tasikmalaya
Lampiran	7	Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar, batu andesit asal Bukit Cibajaran Tasikmalaya
Lampiran	8	Sand equivalent data
Lampiran	9	Pemeriksaan kelekatan agregat (batu andesit) terhadap aspal
Lampiran	10	Pemeriksaan berat jenis aspal
Lampiran	11	Pemeriksaan penetrasi aspal
Lampiran	12	Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar aspal
Lampiran	13	Pemeriksaan titik lembek aspal
Lampiran	14	Pemeriksaan daktilitas ( <i>duktility</i> )
Lampiran	15	Pemeriksaan kelarutan dalam CCL <sub>4</sub>
Lampiran	16-19	Analisa saringan agregat kasar dan halus kadar aspal 6,2 %, 6,5%, 6,8% dan 7,1%
Lampiran	20-22	Analisa saringan agregat untuk filler batu andesit
Lampiran	23-25	Analisa saringan agregat untuk filler semen portland
Lampiran	26	Angka korelasi tebal benda uji
Lampiran	27	Hasil pemeriksaan uji marshall dengan variasi kadar aspal
Lampiran	28	Kadar aspal design
Lampiran	29-31	Hasil pemeriksaan uji marshall untuk filler batu andesit dengan variasi kadar filler
Lampiran	32-34	Hasil pemeriksaan uji marshall untuk filler batu andesit dengan variasi kadar filler

## DAFTAR NOTASI

a	: % agregat max size ¾"
B	: Berat jenis (bulk) dari total agregat
b	: % agregat max size ½"
c	: % debu batu
Cb	: Konsentrasi volume aspal.
Cv'	: Modifikasi rongga volume agregat.
d	: % pasir
F1	: BJ semu (apparent) agregat max size ¾"
F2	: BJ semu (apparent) agregat max size ½"
F3	: BJ semu (apparent) debu batu.
F4	: BJ semu (apparent) pasir.
Ga	: Berat jenis campuran agregat.
Gb	: Berat bahan ikat campuran.
I	: Rumus substitusi.
i	: Angka koreksi tebal benda uji.
L	: % rongga terhadap agregat.
l	: Panjang jejak roda kendaraan.
MA	: Perbandingan berat agregat dengan total berat campuran (%).
MB	: Perbandingan berat daya ikat bitumen dengan total berat campuran (%).
n	: $0,083 \log 4 \times 10^{10} / S \text{ bit}$
Pi	: Penetrasi aspal dalam kondisi asli ( 0,1 mm ).
PI	: Penetrasi index.
Pr	: Penetrasi aspal dalam kondisi dihamparkan.
q	: Nilai stabilitas.
s	: Pembacaan arloji stabilitas.
Sb	: Stiffness asphalt (Mpa).

## INTISARI

Untuk memenuhi tuntutan lalu lintas yang semakin kompleks dewasa ini terutama dibidang peningkatan kualitas jalan yang kuat, awet, efisien, ekonomis, maka diperlukan suatu teknologi yang mampu mengatasi kelemahan-kelemahan pada kualitas konstruksi perkerasan jalan raya. Teknologi Split Mastic asphalt dengan bahan tambah serat Selulosa (SMA + S) dianggap mampu mengatasi kelemahan-kelemahan yang terjadi pada struktur lapis permukaan jalan raya

Penelitian ini bermaksud meneliti kemungkinan tersebut dengan cara menganalisis perilaku campuran Split Mastic Asphalt dengan gradasi ideal apabila digunakan semen portland sebagai fillernya. Sebagai pembandingan maka dilakukan juga penelitian terhadap penelitian Split Mastic Asphalt yang menggunakan filler batu andesit. Perilaku campuran Split Mastic asphalt tersebut diukur dari nilai-nilai kepadatan (*density*), presentase rongga dalam campuran (*VIM*), presentase rongga terisi aspal (*VFWA*), stabilitas, kelelahan (*Flow*), dan *Quotient Marshall (QM)* yang diketahui dengan melakukan pengujian Marshall ("*Marshall Test*") terhadap benda uji campuran Split Mastic asphalt.

Hasil penelitian penggunaan semen portland sebagai filler pada campuran Split Mastic Asphalt memberi pengaruh pada peningkatan nilai *density*, *VFWA*, Stabilitas dan *Quotient Marshall*. Peningkatannya sebesar 11,9556 % dari penggunaan filler batu andesit. Sedangkan nilai *VITM* dan *flow* mengalami penurunan sebesar 28,4796 % dari penggunaan filler batu andesit. Dari penggunaan variasi kadar filler 5%, 7% dan 9% didapatkan kadar filler optimum untuk jenis filler batu andesit 7,075%. Sedangkan untuk jenis semen portland didapatkan kadar filler optimum 5,055 %.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan transportasi telah mengalami perkembangan yang sangat pesat baik menyangkut sarana maupun prasarana seiring dengan perkembangan penduduk. Sektor ini memegang peranan sangat penting dalam perkembangan kehidupan bangsa dibidang ekonomi, sosial budaya dan pertahanan keamanan. Untuk mengimbangi pesatnya laju kegiatan ekonomi dan industri maka diperlukan pembangunan prasarana jalan yang dapat melayani perkembangan tersebut, yaitu kondisi jalan yang memenuhi syarat baik secara teknis maupun ekonomis dan dapat memberikan kenyamanan dan pelayanan lalulintas. Dalam pelaksanaan pembangunannya ternyata cukup banyak tantangan peningkatan kualitas, baik terhadap jalan yang akan dibangun ataupun pada pemeliharanya, juga dihadapkan pada sumber daya yang terbatas. Untuk itu perlu diupayakan suatu cara yang lebih efisien dan ekonomis agar diperoleh hasil yang optimal.

Salah satu teknologi yang dianggap mampu mengatasi kendala tersebut adalah teknologi *split mastic asphalt* (SMA). *Split Mastic Asphalt* adalah campuran panas dengan bahan tambah serat selulosa, menghasilkan mutu campuran panas yang lebih tahan terhadap oksidasi, retak, lendutan dan gelombang akibat beban berlebih dan

keausan oleh roda kendaraan. Berdasarkan hasil berbagai percobaan dan penerapannya, ternyata *split mastic asphalt* (SMA) dapat mengatasi kelemahan pada laston (aspal beton) atau laston (HRS) yang umum digunakan di Indonesia.

*Split mastic asphalt* (SMA), seperti konstruksi beton aspal lainnya, dipengaruhi pula oleh kualitas bahan penyusunnya. Bahan penyusun tersebut berupa agregat dan aspal. Pada umumnya para pelaksana pembangunan (kontraktor) cenderung memakai material bahan penyusun campuran perkerasan yang ada pada daerah sekitar mereka melaksanakan suatu pekerjaan. Oleh karena itu bisa jadi penggunaan material dari kondisi yang berbeda akan menghasilkan kualitas campuran aspal beton yang berbeda.

Penelitian ini menitikberatkan pada penggunaan batu andesit dan semen portland sebagai filler pada campuran *split mastic asphalt* ditambah serat selulosa. Agregat yang digunakan berupa batu andesit.

## **1.2 Manfaat Penelitian**

Dari penelitian ini diharapkan akan didapatkan kadar filler dalam campuran Split Mastic Asphalt yang memberikan hasil yang baik, serta memaksimalkan penggalan potensi di sekitar wilayah pembangunan jalan.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Memberikan gambaran tentang pengaruh dari penambahan semen portland dan debu batu andesit sebagai filler yang masih menghasilkan campuran SMA dengan karakteristik yang sesuai dengan syarat-syarat yang ditentukan oleh Bina Marga.

#### 1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini terbatas pada pengaruh semen portland dan batu andesit sebagai bahan pengisi (*filler*) pada campuran *Split Mastic Asphalt* ditambah serat selulosa (SMA + S) dengan menggunakan kadar aspal optimum dari variasi kadar aspal 6.2% , 6.5%, 6.8% dan 7.1%. Batu andesit selain digunakan sebagai filler yang lolos saringan no.200 juga dipakai untuk agregat kasar dan agregat halus.





## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Aspal**

Aspal didefinisikan sebagai bahan berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan sampai suatu temperatur tertentu aspal dapat menjadi lunak/cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau dapat masuk kedalam pori-pori yang ada pada penyemprotan/penyiraman pada perkerasan macadam ataupun peleburan. Jika temperatur mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (sifat termoplastis). (Silvia Sukirman, 1992)[10]

Hidrokarbon adalah bahan dasar utama aspal yang umum disebut bitumen, sehingga aspal sering disebut bitumen. Aspal yang umum digunakan terutama berasal dari hasil proses destilasi minyak bumi. Aspal alam (aspal buton) banyak pula digunakan.

Aspal minyak yang digunakan untuk konstruksi perkerasan jalan merupakan residu dari proses destilasi minyak bumi, yang sering disebut aspal semen. Aspal semen bersifat mengikat agregat pada campuran beton aspal, memberikan lapisan kedap air serta tahan terhadap pengaruh asam, basa dan garam.

Aspal yang digunakan pada konstruksi perkerasan jalan berfungsi sebagai bahan pengikat dan bahan pengisi.

1. Bahan Pengikat

Aspal memberikan ikatan yang kuat antar agregat.

2. Bahan Pengisi

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

Aspal yang digunakan pada konstruksi perkerasan jalan bersifat sebagai berikut ini.

1. Daya tahan (*Durability*).

Daya tahan adalah kemampuan aspal mempertahankan sifat aslinya akibat pengaruh cuaca selama masa pelayanan jalan. Sifat ini merupakan sifat campuran aspal yang tergantung pada sifat agregat, campuran dengan aspal dan faktor pelaksanaan.

2. Adhesi dan Kohesi.

Adhesi adalah kemampuan aspal untuk mengikat agregat, sehingga dihasilkan ikatan yang baik antara agregat dan aspal. Kohesi adalah kemampuan aspal untuk tetap mempertahankan agregat tetap di tempatnya setelah terjadi pengikatan.

3. Kepekaan terhadap temperatur.

Aspal adalah material yang termoplastis, berarti akan menjadi keras atau lebih kental bila temperatur berkurang dan akan menjadi lunak atau lebih

cair bila temperatur bertambah. Sifat ini dinamakan kepekaan terhadap temperatur.

#### 4. Kekerasan Aspal.

Aspal pada proses pencampuran dipanaskan dan dicampur dengan agregat sehingga agregat dilapisi aspal atau aspal panas disiramkan kepermukaan agregat yang telah disiapkan pada proses pelaburan. Pada waktu proses pelaksanaan, terjadi proses oksidasi yang menyebabkan aspal menjadi getas (viskositas bertambah tinggi). Jadi selama masa pelayanan aspal mengalami oksidasi dan polimerisasi yang besarnya dipengaruhi pula oleh ketebalan aspal yang menyelimuti agregat. Semakin tipis lapisan aspal, semakin besar tingkat kerapuhan yang terjadi.

## 2.2 Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, pasir atau mineral lainnya yang diperoleh dari alam maupun dari hasil pengolahan. Agregat merupakan komponen utama lapisan perkerasan jalan, yaitu mengandung 90% - 95% agregat berdasarkan persentase berat atau 75% - 85% agregat berdasarkan persentase volume. Berdasarkan hal tersebut maka daya dukung, keawetan dan mutu perkerasan jalan ditentukan juga oleh sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain. (Silvia Sukirman, 1992)[10]

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 di saat gunung berapi meletus. Akibat pengaruh cuaca akan mengalami pendinginan dan membeku. Umumnya berbutir halus seperti batu apung, andesit, basalt, obsidian dan lain-lain. Batuan beku dalam dibentuk dari magma yang tidak dapat keluar ke permukaan bumi. Magma mengalami pendinginan dan membeku secara perlahan-lahan, bertekstur kasar dan mudah ditemui di permukaan bumi karena proses erosi dan gerakan bumi. Batuan beku jenis ini antara lain granit, gabro, diorit 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 dsb. Berdasarkan cara 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 batuan gamping, batubara, 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 marmar, kwarsit dan batuan metamorf yang berfoliasi/berlapis 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)[10].

#### 1. Agregat Alam

Agregat alam adalah agregat yang digunakan sebagaimana bentuknya di alam atau dengan sedikit pengolahan. Agregat alam dibentuk melalui proses erosi dan degradasi. Dua bentuk agregat alam yang sering digunakan adalah kerikil dan pasir. Kerikil adalah agregat dengan ukuran partikel  $> 1/4$  inci (6,35 mm). Pasir adalah agregat dengan ukuran partikel  $< 1/4$  inci tetapi lebih besar dari 0,075 mm (saringan No. 200).

#### 2. Agregat Proses Pengolahan

Agregat jenis ini diperoleh melalui proses 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 *stone crusher* adalah sebagai berikut :

- a) Bentuk partikel bersudut.
- b) Permukaan partikel kasar, sehingga mempunyai gesekan yang baik.
- c) Gradasi dapat sesuai dengan yang diinginkan.

Agregat hasil proses pengolahan ini sangat dipengaruhi oleh bahan asalnya. Jika bahan tersebut mempunyai tingkat kekerasan yang tinggi maka hasil pemecahan batuan tersebut juga mempunyai tingkat kekerasan yang tinggi.

### 3. Agregat Buatan (Sintetis)

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

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

1. Kekuatan dan keawetan lapisan perkerasan, yang 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, yang 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 geser, dan
  - b) campuran yang memberikan kemudahan dalam pelaksanaan.

### 2.3 Filler

*Filler* didefinisikan sebagai fraksi debu mineral lolos saringan No. 200 (0.075 mm) bisa berupa: debu batu, abu kapur, debu dolomit atau semen. *Filler* harus dalam keadaan kering (kadar air maksimum 1%). *Filler* merupakan bahan berbutir halus yang berfungsi sebagai butir pengisi pada pembuatan campuran beton aspal.

Penggunaan *filler* dalam campuran beton aspal akan berpengaruh pada karakteristik beton aspal. Pengaruh penggunaan *filler* pada campuran beton aspal dapat 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 berluas permukaan kecil, dan
- 3) adanya daya affinitas (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 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 sensitifitas campuran terhadap air.



Hasil dari penggunaan *filler* terhadap campuran beton aspal adalah sebagai berikut ini.

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 antar butir agregat, sehingga akan meningkatkan campuran, dan
  - b) bila bercampur dengan aspal, *filler* akan membentuk bahan pengikat yang berkonsistensi tinggi, sehingga 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 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 campuran. Disarankan suhu perlu dinaikkan pada pemadatan campuran dengan *filler* aspal berkonsistensi tinggi..
8. Sensitifitas campuran terhadap air pada jenis dan kadar *filler* yang berbeda menunjukkan variasi yang besar. Hasil tes menunjukkan bahwa sensitifitas terhadap air dapat diturunkan dengan mengurangi kadar *filler* yang peka terhadap air.

#### 2.4 *Split Mastic Asphalt*

*Split Mastic Asphalt* adalah jenis beton aspal campuran panas gradasi terbuka, yang tersusun dari campuran sebagai berikut ini.

1. *Split* (agregat kasar) dengan ukuran  $> 2\text{mm}$  dengan jumlah fraksi tinggi yakni  $\geq 75\%$  dari berat agregat campuran.
2. *Mastic Asphalt* adalah campuran agregat halus, bahan isian (*filler*) dan aspal dengan kadar relatif tinggi.

Terdapat 3 (tiga) jenis *Split Mastic Asphalt* yang digolongkan berdasarkan gradasinya, yaitu:

1. SMA 0/11, dengan ukuran agregat 0 - 11 mm. Umumnya digunakan untuk lapisan *wearing course* pada jalan baru. Pengaspalan dengan ketebalan 2,5 – 5 cm,

2. SMA 0/8, dengan ukuran agregat 0 - 8 mm. Umumnya digunakan untuk pelapisan ulang (*overlay*) pada jalan lama. Pengaspalan dengan ketebalan 2 - 4 cm, dan
3. SMA 0/5, dengan ukuran 0 - 5 mm. Umumnya digunakan sebagai lapis tipis permukaan untuk pemeliharaan dan perbaikan jalan. Pengaspalan dengan ketebalan 1,5 - 3 cm.

## 2.5 Bahan Tambah

Bahan tambah adalah bahan yang ditambahkan di dalam campuran aspal yang fungsinya menstabilisasikan campuran aspal (memperbaiki sifat-sifat aspal minyak ) dan tidak dikategorikan sebagai bahan substitusi agregat.

Serat selulosa didapat dari tumbuhan yang bisa menghasilkan protein dan asam amino. Untuk mengambil protein dan asam amino pada tumbuhan digunakan cara ekstraksi. Hasil ekstraksi yang berupa larutan protein dan asam amino disuling (destilasi) untuk diambil protein dan asam amino yang murni. Hasil destilasi tersebut kemudian diendapkan, diekstraksi pada keadaan basa kedalam larutan penggumpalan untuk dijadikan serat selulosa, pada keadaan ini proses pengerasan terjadi.

Sifat fisik yang diinginkan pada serat selulosa merupakan hal yang kompleks.

Hal tersebut bergantung pada penggunaan serat selulosa tersebut, yaitu:

1. penekanan penggunaan pada sifat fisis kekuatan serat kering,
2. penekanan penggunaan pada sifat kekuatan serat basah, dan
3. penekanan penggunaan pada elastisitas bahan dan kadar penyerapannya.

Serat selulosa 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 selulosa yang harus dipenuhi sebagai bahan stabilisasi aspal.

Kadar serat selulosa ditentukan berdasarkan persyaratan optimum. Persyaratan optimum ini ditentukan dengan memvariasikan kadar serat selulosa terhadap kadar aspal. Campuran serat selulosa dalam aspal harus dapat memperbaiki mutu aspal 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 menstabilisasi 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 selulosa dengan aspal.

Secara umum aspal tersusun dari tiga komponen yaitu asphaltenes, resine dan saturated hidrocarbon. Fungsi spesifik masing-masing komponen tersebut adalah sebagai berikut:

1. *asphaltenes* adalah pembentuk body,
2. *resin* membangkitkan sifat adhesif dan lentur (*ductile*), dan
3. fraksi-fraksi minyak berperan pada sifat viskositas dan *flow*.

Analisis komponen lanjutan menunjukkan bahwa fraksi resin terdiri atas resin tak jenuh dan asam hidrokarbon tak jenuh. Masing-masing lazim disebut sebagai *first acidaffins* (A-1), *second 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 pada konstruksi aspal adalah penuaan (*aging*). Penuaan adalah suatu proses yang menyebabkan aspal berkurang/ kehilangan sifat adhesif 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 (Lismanto dan Muh. As'ad, 1993)[ 7 ] adalah sebagai berikut :

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

dengan:

$f$  = naiknya parameter komposisi Malten

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

$N$  = basa nitrogen

A-1 = first acidaffins

A-2 = second acidaffins

$P$  = parafinik

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

Dibanding unsur Parafinik ( $P$ ) maka komponen *second acidaffins* (A-2) mempunyai kestabilan yang lebih rendah. Kesimpulan itu didasarkan pada kenyataan sebagai berikut ini.

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

Proses penuaan (*aging*), dengan kata lain, dimulai oleh mutasi resin menjadi molekul kecil yang mudah menguap, sehingga menyebabkan penurunan fraksi malten. Mengingat bahwa fungsi senyawa tersebut

adalah sebagai stabilisator koloid aspal, maka proses ini akan mengganggu kestabilan aspal dan menyebabkan aspal menjadi rapuh.

Selulosa dapat menunda proses penuaan (*aging*) melalui mekanisme sebagai berikut ini. Ditinjau dari segi campuran, aspal digolongkan sebagai koloid dari fasa kontinu minyak yang non polar dan fasa diskrit asphaltenes yang polar. Koloid tersebut menjadi stabil oleh adanya pengaruh berbagai macam resin (A-1), (A-2) dan (N), yang bersifat semi polar dan mengelilingi fraksi asphaltenes.

Selulosa bersifat semipolar (lebih kuat dari resin) yang mampu menyerap (ikatan hidrogen) fraksi-fraksi resin tersebut. Hal tersebut mampu memperlambat proses oksidasi dan polimerisasi. Pilihan (*preferensi*) pengikatan di antara ketiga fraksi resin dapat ditelusuri melalui probabilitas kinetis berikut ini.

Basa N mempunyai gugus aktif hidroksil sehingga bersifat tidak suka terhadap selulosa yang mempunyai gugus aktif yang sama. *Second acidaffins* (A-2) lebih suka terhadap selulosa dibandingkan dengan *first acidaffins* (A-1), sebab memiliki berat molekul lebih kecil (mobilitas lebih besar) dan letak gugus berada di ujung molekul. Pilihan pengikatan/penstabilan oleh selulosa terjadi terhadap komponen *second acidaffins* (A-2). Pengikatan ini akan mampu mempertahankan komponen *second acidaffins* (A-2) lebih lama dalam sistem, sehingga akan mampu menunda proses penuaan (*aging*). (Lismanto dan Muh. As'ad, 1993)[ 7 ].

## 2.6 Modulus Kekakuan

### 2.6.1 Kekakuan Bitumen (*Bitumen Stiffness*)

Kekakuan bitumen adalah perbandingan antara tegangan dan regangan pada bitumen yang besarnya bergantung pada temperatur dan lama pembebanan yang diterapkan. Nilai kekakuan bitumen dapat ditentukan dengan nomogram Van der Poel, yang penggunaannya memerlukan data sebagai berikut ini.

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

Untuk menghitung nilai kekakuan aspal digunakan nomogram Van der Poel seperti terlihat pada Gambar 2.1.

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

$$t = \frac{l}{v} \dots\dots\dots (1)$$

dengan :

v = kecepatan kendaraan (km/jam)

l = panjang jejak roda kendaraan (meter)

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



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

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

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

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

dengan :

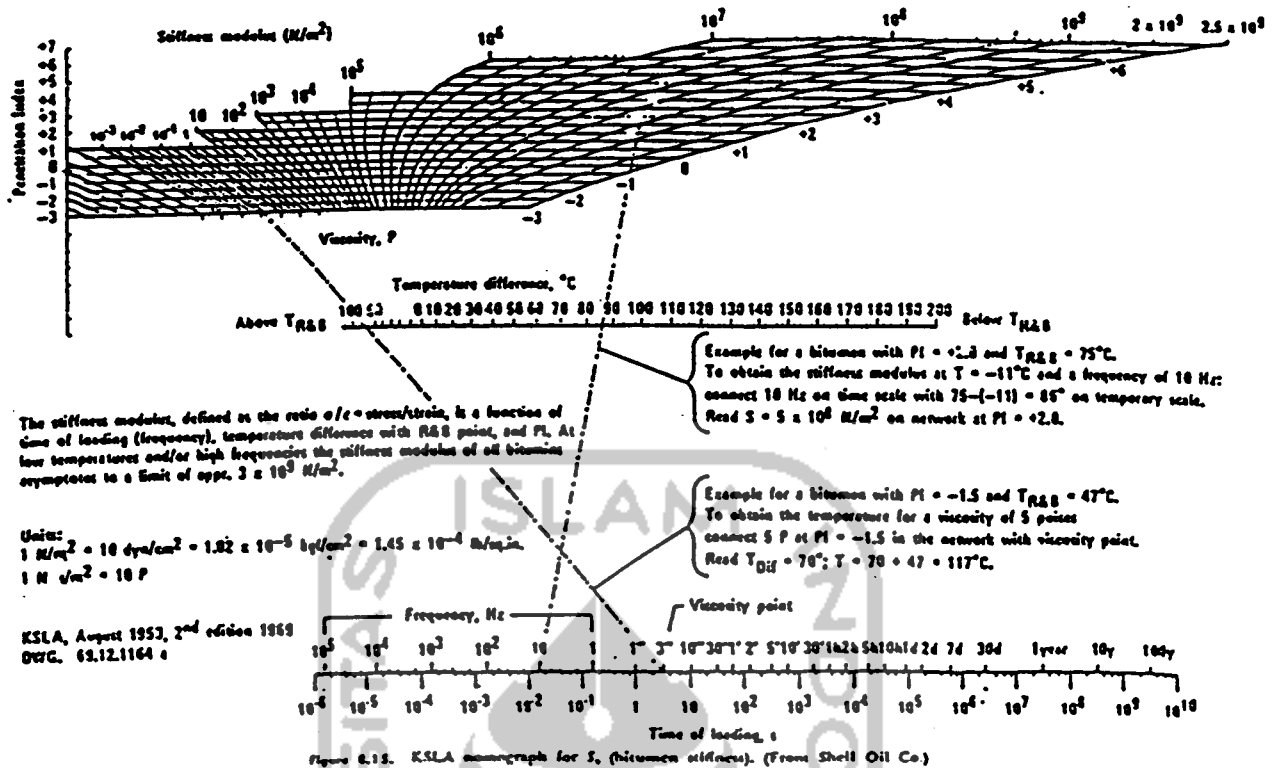
Pi = Penetrasi bitumen dalam kondisi asli (0,1 mm)

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

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

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

$$PI_r = \frac{27 \log Pi - 21,65}{76,35 \log Pi - 232,82} \dots\dots\dots (5)$$



Gambar 2.1 Nomogram untuk menetapkan nilai kekakuan bitumen (S bit)

Sumber : An Introduction to the Analytical Design of Bitumenous Pavement, SF Brown and Janet M Brunton (1978).

Selain dengan menggunakan nomogram yang dikembangkan Van der Poel, kekakuan bitumen dapat dicari dengan menggunakan persamaan yang diturunkan oleh Ullidz.

$$S_b = 1,157 \times 10^{-7} \times t^{-0,368} \times 2,718^{PI_r} \times (SP_r - P)^5 \dots\dots\dots (6)$$

dengan :

$S_b$  = Stiffness bitument (Mpa)

$t$  = waktu pembebanan (detik)

$PI_r$  = Penetration Index

$SP_r$  = temperatur titik lembek (°C)

$T$  = temperatur perkerasan (°C)

Persamaan diatas dapat dipergunakan jika memenuhi persyaratan sebagai berikut :

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

$$-1 < P_{Ir} < 1$$

$$20^{\circ}C < (SP_r) < 60^{\circ}C$$

### 2.6.2 Kekakuan campuran (*Mix Stiffness*)

Kekakuan campuran adalah perbandingan antara tegangan dan regangan pada campuran bitumen yang besarnya bergantung pada temperatur dan lamanya pembebanan. Rumus atau metode yang diterapkan untuk menentukan *Mix Stiffness* (*S Mix*) diantaranya :

1) **Metoda Shell.** Untuk mencari modulus kekakuan campuran digunakan nomogram Shell. Pada metoda ini diperlukan data sebagai berikut ini.

- a. Modulus kekakuan bitumen ( $N/m^2$ ), nilai modulus kekakuan bitumen ini didapatkan dari perhitungan atau dengan nomogram seperti telah disebut di muka.
- b. Volume bahan pengikat (%).
- c. Volume mineral agregat.

Persentase volume bahan pengikat dapat dihitung dengan persamaan :

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

Kadar pori dalam campuran padat dihitung dengan persamaan :

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

dengan :

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

Selanjutnya dapat dihitung nilai *void in the mixed* agregat dengan persamaan :

$$V_{ITM} = V_b + V_v \dots\dots\dots (10)$$

$$V_v + V_b + V_g = 100\% \dots\dots\dots (11)$$

dengan :

$M_A$  = perbandingan berat agregat dengan total berat campuran (%).

$M_B$  = perbandingan berat bahan ikat bitumen dengan total berat campuran (%).

$G_a$  = berat jenis campuran agregat.

$G_b$  = berat jenis bahan ikat campuran.

$\tau_m$  = berat volume campuran padat ( $\text{kg/m}^3$ ).

$\tau_w$  = berat volume air ( $\text{kg/m}^3$ ).

$V_g$  = prosentase volume agregat.

$V_b$  = prosentase volume bitumen.

$V_v$  = prosentase volume pori.

2) **Metoda Heukelom and Klomp (1964)**. Disini diberikan rumus untuk mencari modulus kekakuan campuran sebagai berikut :

$$S_{\text{mix}} = S_{\text{bit}} [ 1 + 2,5/n \times C_v/(1-C_v) ]^n \dots\dots\dots (12)$$

dengan :

$$n = 0,83 \log 4 \times 10^{10} / S \text{ bit}$$

$$S_{\text{mix}} = \text{mix modulus (N/m}^2\text{)}$$

$$S_{\text{bit}} = \text{bitumen modulus (N/m}^2\text{)}$$

Van der Poel menyimpulkan bahwa modulus kekakuan campuran bergantung pada kekakuan bitumen dan konsentrasi volume agregat ( $C_v$ ).

$$C_v = \frac{V_G}{V_G + V_B} \dots\dots\dots (13)$$

dengan :

$$V_G = \text{prosentase volume agregat padat}$$

$$V_B = \text{prosentase volume bitumen}$$

Rumus di atas hanya digunakan untuk kepadatan dengan volume rongga kurang dari 3%. Untuk kepadatan dengan volume rongga lebih besar dari 3% digunakan rumus :

$$C_v' = \frac{C_v}{1 + 0,01 (V_v - 3)} \dots\dots\dots (14)$$

dengan :

$$C_v' = \text{modifikasi volume rongga agregat}$$

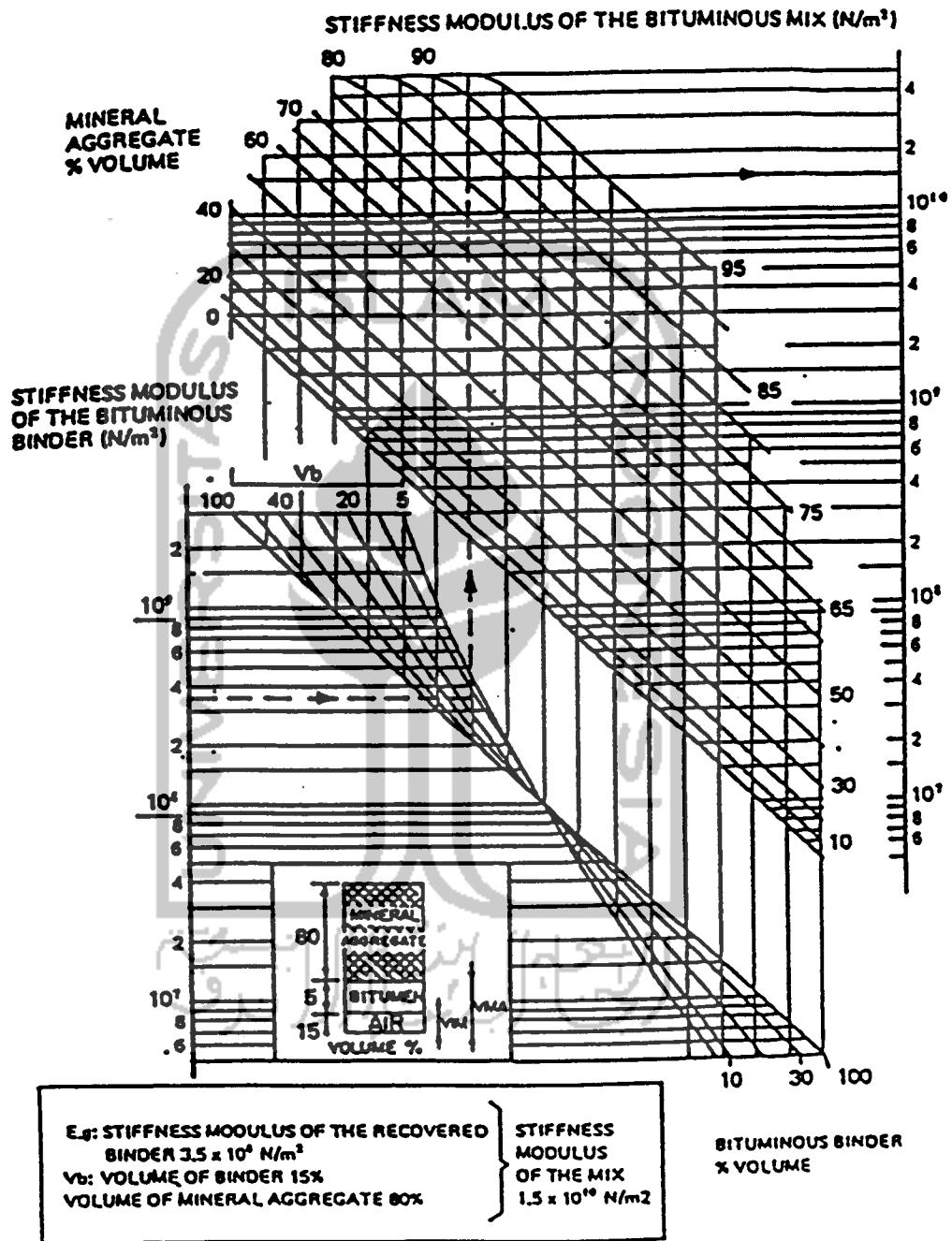
$$V_v = \text{volume rongga udara dalam campuran}$$

Persamaan tersebut dapat dipakai jika konsentrasi volume bitumen ( $C_b$ )

memenuhi syarat :

$$C_b > 2/3 (1 - C_v') \dots\dots\dots (15)$$

Untuk menghitung nilai kekakuan campuran digunakan nomogram pada Gambar 2.2 berikut ini.



Gambar 2.2 Nomogram penentuan kekakuan campuran

Sumber : SHELL Pavement Design Manual (1987).

## 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 mendapat tekanan yang melebihi daya dukungnya. (Suprpto Tm., 1995)[11].

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 portland cement 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 (*sub base*), lapis pondasi atas (*base*), dan lapis

permukaan (*surface*). Sebelum lapis permukaan biasanya terdapat lapis pengikat (*binder*).

Fungsi struktural lapis perkerasan jalan adalah mendukung beban lalu lintas dan menyalurkan ke tanah dasar secara merata. Fungsi tiap lapisan tersebut adalah sebagai berikut ini.

1. Lapis permukaan (*surface*).

Lapis permukaan adalah bagian perkerasan yang paling atas. Fungsi lapis perkerasan adalah sebagai berikut ini.

- 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*).

Lapis pondasi bawah adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis pondasi atas dan tanah dasar. Fungsi Lapis pondasi bawah, adalah :

- a. menyebarkan beban 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.

### 3.2 Karakteristik Campuran *Split Mastic Asphalt* dengan Bahan Tambah Serat Selulosa ( SMA + S )

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 lalulintas yang direncanakan, baik berupa kekuatannya (sesuai umur rencana), keawetan serta kenyamanan.

Karakteristik perkerasan 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 lalulintas tanpa terjadi perubahan bentuk (*deformasi*) yang konsisten, seperti gelombang, alur maupun *bleeding*.

Kebutuhan pada stabilitas setingkat dengan jumlah lalulintas dan beban kendaraan yang akan menggunakan jalan tersebut. Volume lalulintas 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 dari agregat dalam campuran.

Kohesi merupakan sifat daya lekat masing-masing partikel bahan perkerasan. Kohesi agregat dapat diamatai 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 lapis 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 air dan 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 berulang, tanpa mengakibatkan retak dan perubahan volume.

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

Nilai fleksibilitas dapat dimaksimalkan dengan penggunaan aspal pada kadar yang tinggi dan menggunakan gradasi agregat 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 bertulang 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 terjadinya 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 sesuai 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 ke lapisan di bawahnya.
3. Permukaan mudah mengalirkan air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya 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 di atas, 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 yang dipilih.
3. Analisis campuran bahan.
4. Pengawasan pelaksanaan pekerjaan yang cermat mulai dari tahap persiapan lokasi dan material sampai tahap pencampuran atau penghamparan dan akhirnya pemadatan.

5. Pengawasan pelaksanaan pekerjaan yang cermat mulai dari tahap penyiapan lokasi dan material sampai tahap pencampuran dan akhirnya pemadatan.

### 3.4 Split Mastic Asphalt (SMA)

#### 3.4.1 Pengertian umum

*Split mastic asphalt* adalah suatu 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.

#### 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 3.1 berikut ini.

Tabel 3.1 Sifat-sifat SMA (*Split Mastic Asphalt*)

No	Sifat Split Mastic Asphalt	Karakteristik	Syarat
1	Mampu melayani lalu lintas berat	Stability Marshall	> 750 kg
		<i>Flow Marshall</i>	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 ( <i>stabilitas/flow</i> )	190 - 300
5	Tahan terhadap cuaca panas atau temperatur tinggi	Titik lembek (aspal + serat selulosa)	60 °C
6	Kedap air	Rongga udara	3% - 5%
		Indeks peredaman	> 75 % (60°C, 48jam)
7	Aman untuk lalu lintas (kasat)	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 (*hot mix*) harus dipenuhi syarat-syarat sebagai berikut ini.

1. Kekakuan/kekerasan (*Stiffenes*).

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, hingga 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, hingga terjadinya proses oksidasi dapat dikurangi semaksimal mungkin.

2. *Volatilization*.

*Volatilization* adalah penguapan (*evaporasi*) dari bagian-bagian yang lebih ringan berat molekulnya (*maltense*). Penambahan temperatur akan mempercepat gejala penguapan, misalnya pada waktu mixing proses sebab kecuali temperaturnya tinggi juga disertai pengadukan yang kuat. Hal ini menyebabkan aspal cepat mengeras. Mengingat hal tersebut, maka pemanasan 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 *asphaltenes* 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 keras.

Aspal yang telah 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 batuannya seolah-olah terapung dalam masa aspal. Keadaan ini menyebabkan kedudukan butiran menjadi tidak stabil dan mudah tergeser sehingga apabila ada gaya vertikal maupun 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 AC 60-70 diberikan pada Tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3.2 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 (163°C.5 jam)	PA. 0304	-	0,8	% berat
5	Kelarutan (Ccl4)	PA. 0305 - 76	99	-	% berat
6	Daktalitas (25°C, 5 cm/manit)	PA.0306 - 76	100	-	cm
7	Penetrasi Setelah Kehilangan Berat	PA. 0301 - 76	54	-	% awal
8	Daktalitas 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, yang 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 di atas 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 sama/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/jelek (*poorly graded*)

Agregat buruk merupakan campuran agregat yang tidak memenuhi 2 (dua) kategori 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 kedua 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 HRS. 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 berikut ini.

Tabel 3.3. Gradasi Agregat *Split Mastic Asphalt* dengan Bahan Tambah Serat Selulosa Menurut 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	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, dan
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 (0,074). 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 pada penelitian ini adalah semen portland dan debu batu andesit. Bahan ini harus bebas dari gumpalan-gumpalan dan harus sesuai dengan spesifikasi dari SNI. No. 1737.1989/F jo. SKBI-2.426.1987. Debu batu merupakan hasil samping produksi pemecah batu (*stone crusher*).

#### d. Bahan Tambah (*Additive*)

Sebagai bahan tambah didalam campuran Split Mastic Asphalt (SMA) adalah serat selulosa (*cellulose fibre*) 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 temperetur atau titik lembek aspal.

Serat selulosa yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis CF-31500. Sifat-sifat serat selulosa CF-31500 yang digunakan sebagai bahan tambah pada campuran Split Mastic asphalt diuraikan pada Tabel 3.3 berikut ini.



Tabel 3.4. Sifat - sifat Serat Selulosa CF-31500

No	Karakteristik	Satuan	Syarat
1	Warna	-	abu - abu
2	pH	-	7,5 ± 1
3	Kadar Air	%	< 6,0
4	Kadar Organik (Serat Selulosa)	%	> 75,0
5	Berat Isi Gembur	gr/lt	> 25,0
6	Panjang Serat	mikron	maks 5000
7	Ketahanan terhadap Asam dan Alkali	-	baik
8	Ketahanan terhadap Pemanasan sampai 250°C	-	baik
9	Distribusi dalam Campuran Kering, 170°C	-	merata
10	Hasil Ekstraksi Serat Selulosa dari Beton Aspal Campuran Panas	%	100,0
11	Titik Lembek Campuran Aspal Minyak pen 60/70 dengan Serat Selulosa	°C	≥ 55,0

Sumber : PT. Saranaraya Reka Cipta Jakarta.

## BAB IV

### HIPOTESIS

*Split mastic asphalt* sebagai lapis permukaan jalan menggunakan gradasi terbuka dan kadar aspal yang cukup tinggi pada campuran, dengan tujuan agar film aspal relatif tebal sehingga tahan terhadap oksidasi.

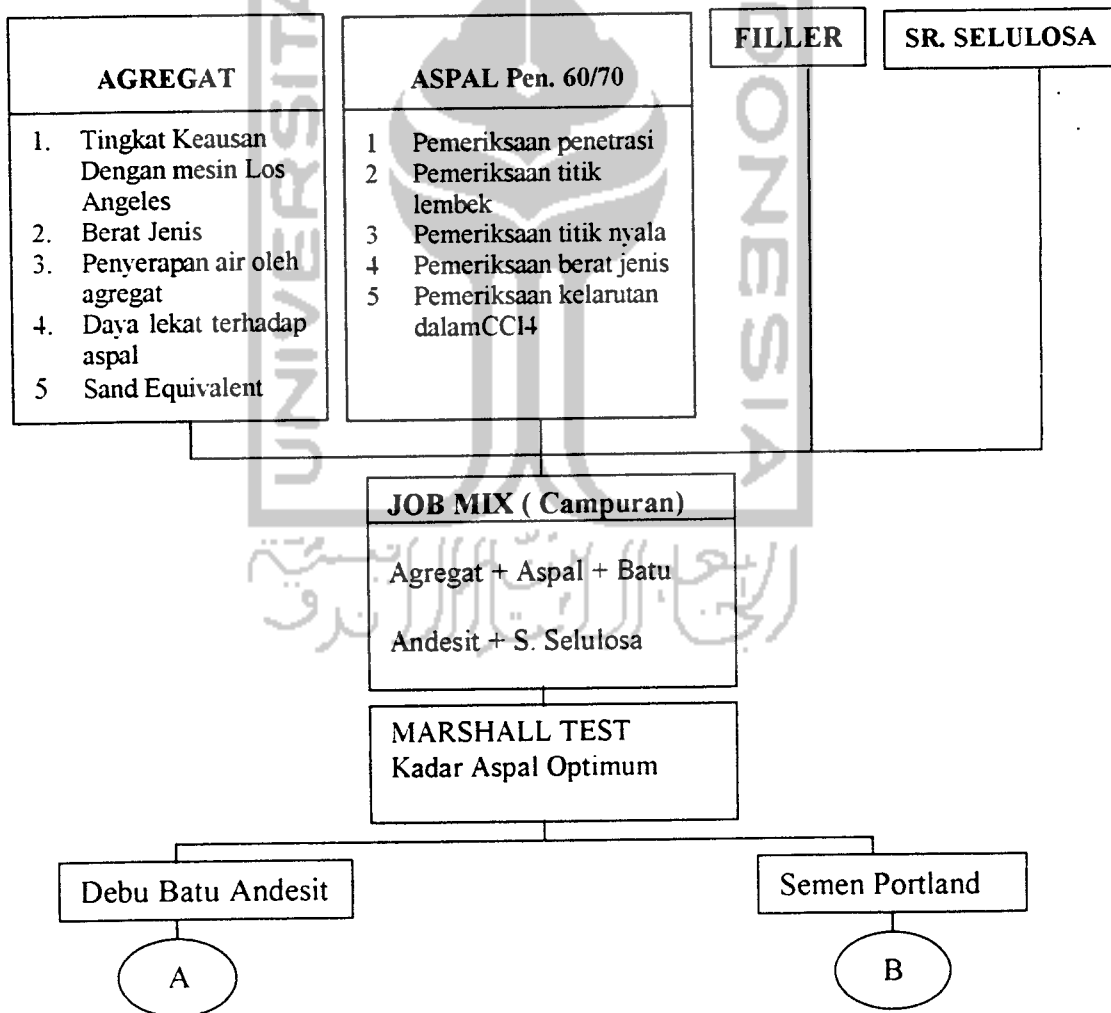
Tujuan penggunaan *split mastic asphalt* dengan bahan tambah serat selulosa adalah memaksimalkan interaksi dan kontak di antara fraksi kasar dalam suatu campuran panas. Fraksi agregat kasar (batu andesit) memiliki stabilitas yang lebih tinggi dan tahan terhadap gaya geser campuran (semen portland, abu batu/filler, serat selulosa) menjadi mastik untuk menyatukan batuan secara kuat.

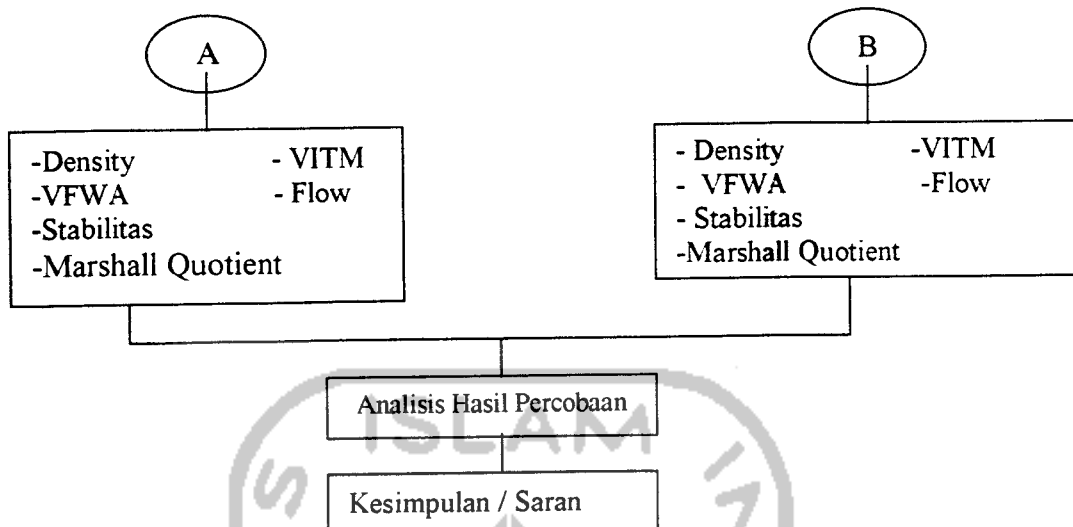
Bahan pengisi pada campuran panas adalah bagian dari gradasi *split mastic asphalt* dengan bahan tambah serat selulosa. Penelitian ini dihipotesiskan bahwa semen portland dan batu andesit dapat digunakan sebagai filler yang diharapkan bermanfaat sebagai bahan pengisi pada campuran agregat aspal.

## BAB V CARA PENELITIAN

### 5.1 Diagram Alir Kegiatan Laboratorium

Penelitian yang dilakukan melalui beberapa tahap mulai dari persiapan, pemeriksaan mutu bahan/material (agregat, aspal, serat selulosa), perencanaan campuran sampai tahap pelaksanaan pengujian dengan metode marshall. Kegiatan selengkapnya seperti diagram alir berikut ini.





## 5.2 Bahan

### 5.2.1 Asal Bahan

Agregat yang digunakan dalam penelitian ini berupa batu andesit yang berasal dari penambangan di Bukit Cibajaran, Singaparna Kabupaten Tasikmalaya, yang dikelola oleh PT. Sinar Ciomas Tasikmalaya Jawa Barat. Jenis aspal yang dipakai adalah jenis AC 60/70 produksi Pertamina yang diperoleh dari PT. Perwita Karya Yogyakarta. Sedangkang semen yang digunakan adalah semen Portland produksi PT. Semen Nusantara Cilacap. Serta digunakan serat Selulosa jenis CF-31500 (*custom Fibre*) yang didatangkan dari Amerika Serikat dan sebagai distributor di Indonesia PT. SARANARAYA REKA CIPTA Jakarta..

### 5.2.2 Persyaratan dan pengujian bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebelumnya diuji dilaboratorium untuk mendapatkan bahan penelitian yang berkualitas tinggi.

Adapun pengujian yang dilakukan adalah :

a. Pemeriksaan agregat

Untuk mengetahui kualitas agregat dilakukan pemeriksaan sebagai berikut :

1. **Tingkat keausan**, ketahanan agregat terhadap penghancuran diperiksa dengan percobaan abrasi yang menggunakan mesin Los Angles berdasarkan PB-0206-76. Nilai abrasi menunjukkan banyaknya benda uji yang hancur akibat tumbukan dan gesekan antara partikel dengan bola-bola baja pada saat terjadinya putaran. Nilai abrasi  $> 40\%$  menunjukkan agregat tidak mempunyai keausan yang cukup untuk digunakan sebagai bahan lapis perkerasan.
2. **Daya lekat terhadap aspal**, dilakukan sesuai prosedur PB-0205-76. Kelekatan agregat terhadap aspal yang dinyatakan dalam persentase 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. Besar penyerapan air yang diijinkan mempunyai nilai maksimum 3 %. Air yang telah diserap 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-0202-76 dengan

persaratan minimum 2,5 gam/cc. Besarnya berat jenis agregat dengan aspal berdasarkan perbandingan berat dan juga untuk menentukan banyaknya pori.

5. **Sand equivalent test**, dilakukan untuk untuk merngetahui 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 diisyaratkan minimal 50 % adanya lempung dapat mempengaruhi mutu campuran agregat dengan aspal, karena lempung membungkus partikel-partikel agregat sehingga ikatan antara agregat aspal berkurang. Juga adanya lempung mengakibatkan luas permukaan yang diselimuti aspal bertambah.

b. **Pemeriksaan Filler**

Filler merupakan bagian dari agregat yang mempunyai fraksi sangat halus. Filler dapat berupa batu, debu, kapur, semen dan lain-lain. Khusus dalam penelitian ini filler yang digunakan adalah debu batu andesit dan semen portland yang lolos saringan no. 200.

c. **Pemeriksaan bahan ikat aspal**

Aspal merupakan hasil produksi dari bahan-bahan alam, sehingga sifat-sifat aspal harus selalu diperiksa dilaboratorium. Aspal yang telah memenuhi syarat-syarat yang telah ditetapkan dapat digunakan sebagai bahan pengikat perkerasan.

Pemeriksaan yang dilakukan untuk aspal keras sebagai berikut ini.

1. **Pemeriksaan penetrasi.**

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan penetrasi bitumen keras atau lembek (*solid* atau *semi solid*) dengan memaksukkan jarum ukuran tertentu,



beban dan waktu tertentu kedalam bitumen pada suhu tertentu pula. Bertujuan untuk memeriksa tingkat kekerasan aspal. Prosedur pemeriksaan mengikuti PA-0301-76. Besarnya angka penetrasi untuk aspal AC 60-70 adalah antara 60 sampai 79.

## 2. **Pemeriksaan titik lembek.**

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mencari temperatur pada saat aspal mulai menjadi lunak. Pemeriksaan ini menggunakan cincin yang terbuat dari kuningan dan bola baja dengan diameter 9,53 mm seberat 3,5 gram. Titik lembek adalah suhu dimana suatu lapisan aspal dalam cincin yang diletakan horisontal di dalam larutan air atau giliserin yang dsipnaskan secara teratur menjadi lembek dan jatuh pada ketinggian 1 inchi (25,4 mm) dari pelat dasar. Pemeriksaan mengikuti PA-0302-76 dengan nilai yang diisyaratkan 48°C sampai dengan 58°C.

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

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan suhu pada saat terlihat titik nyala singkat pada suatu titik diatas permukaan aspal ( titik nyala) dan suhu pada saat terlihat nyala sekurang-kurangnya 5 detik pada suatu titik di atas permukaan aspal ( titik bakar). Pemeriksaan ini mengikuti prosedur PA-0303-76, dengan besarnya nilai yang diisyaratkan minimum 200°C.

#### 4. Berat jenis.

Pemeriksaan ini dimaksudkan 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 PA-0307-76. Besarnya nilai 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 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 pemeriksaan ini untuk mengetahui sifat kohesi dalam aspal itu sendiri yaitu dengan mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara 2 cetakan yang berisi bitumen keras sebelu putus, pada suhu dan kecepatan tarik tertentu. Pemeriksaan mengikuti prosedur PA-0306-76. Besarnya daktilitas aspal yang diisyaratkan adalah minimal 100 cm.

### 5.3 Perencanaan campuran ideal

#### 5.3.1 Gradasi agregat ideal

Gradasi ideal merupakan nilai tengah dari spesifikasi teknis SMA (*Split Mastic Asphalt*) yang mengacu pada *Heavy Loaded Road Improvement Project* (Bina Marga), dapat dilihat Tabel 5.1 berikut ini.

Tabel 5.1 Gradasi Agregat Ideal Untuk SMA

Ukuran Saringan (mm)	Spesifikasi gradasi lolos saringan *) (%)	Gradasi Ideal lolos saringan *) (%)	% Fiiller tertahan **)		
			5 %	7 %	9 %
12,7	100	100	0	0	0
11,2	90 – 100	95	5,0	5,0	5,0
8,0	50 – 75	62,5	32,5	32,5	32,5
5,0	30 – 50	40	22,5	22,5	22,5
2,0	20 – 30	25	15,0	15,0	15,0
0,71	13 – 20	16,5	8,5	8,5	8,5
0,25	12 – 18	15	1,5	1,5	1,5
0,09	8 – 13	10,5	4,5	4,5	4,5
0,075			5,5	3,5	1,5
<b>Pan</b>			5,0	7,0	9,0

\*) Sumber: Proyek Peningkatan Jalan dan Penggantian Jembatan Propinsi JawaTengah Dit.Jend. Bina Marga

\*\*\*) Hasil disain

### 5.3.2 Kadar aspal

Berdasarkan spesifikasi teknis SMA dari Bina Marga, untuk Klasifikasi volume lalu lintas berat maka aspal yang di pakai adalah aspal semen penetrasi 60/70 yang memenuhi ketentuan SNI No. 1737.1989-F. Dengan varasi kadar aspal dimulai dari 6,2 % - 7,1 %.

Dalam penelitan ini untuk mendapatkan kadar aspal optimum dipakai kadar aspal 6,2% ; 6,5%; 6,8%; 7,1% (satu set). Tiap benda uji dibuat rangkap tiga.

### 5.3.3 Kadar serat selulosa

Berdasarkan spesifikasi SMA dari Bina Marga, kadar selulosa optimum untuk Split Mastic Asphalt adalah 0,2% - 0,3%. Untuk pencampuran di laboratorium dipakai kadar serat selulosa 0,3% terhadap berat total campuran.

### 5.3.4 Filler

Bahan pengisi (*filler*) yang digunakan dalam penelitian ini harus bebas dari gumpalan dan harus sesuai dengan spesifikasi dari SNI No. 17737.1989/Fjo.skbi-2.426.1987. Pada penelitian ini filler yang digunakan adalah semen portland dan debu batu andesit yang lolos saringan no.200, dengan variasi kadar filler 5%, 7 % dan 9 %.

## 5.4 Pembuatan benda uji

Setelah didapatkan gradasi sesuai dengan rencana maka tahap pertama penelitian adalah membuat campuran dengan kadar aspal sesuai rencana. Dimana masing-masing kadar aspal dibuat campuran sebanyak 3 (tiga) sampel, sehingga jumlah sampel yang diperlukan 12 sampel guna mendapatkan kadar aspal optimum.

Dengan kadar aspal optimum, dibuat benda uji yang variasi kadar fillernya : 5%, 7% dan 9%. Untuk masing-masing kadar filler dibuat 2 sampel, jadi jumlah sampel untuk variasi kadar filler ada 12 sampel. Total sampel yang diperlukan pada penelitian ini berjumlah 24 sampel.

### 5.4.1 Persiapan benda uji

Untuk menyiapkan benda uji maka langkah-langkah yang ditempuh adalah sebagai berikut:

1. **Proses pembersihan agregat** dari kotoran yang menempel dan dikeringkan sampai diperoleh berat tetap pada suhu  $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ , Untuk selanjutnya agregat-agregat tersebut dipisahkan dengan cara penyaringan kering kedalam fraksi-fraksi yang dikehendaki.
2. **Proses penimbangan** untuk setiap fraksi dilakukan agar mendapatkan gradasi agregat yang ideal pada suatu takaran campuran. dimana berat total campuran untuk benda uji sebesar 1200 gram, yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, filler, serat selulosa dan aspal.
3. **Proses pencampuran (*mixing*) dilakukan sebagai berikut :**
  - a. Panci pencampur dipanaskan beserta gradasi agregat rencana sampai pada suhu  $160^{\circ}\text{C}$
  - b. Agregat kering diaduk dengan 0,3 % serat selulosa supaya distribusi serat dapat merata pada suhu  $150^{\circ}\text{C}$ .
  - c. Ditambahkan aspal AC 60/70 (suaya mencapai tingkat kekentalan rencana) yang telah dipanaskan kedalam campuran agregat dengan takaran yang telah sesuai dengan mix design.
  - d. Campuran diaduk (wet mixing) selama 45 s/d 50 detik.
4. **Proses pemadatan** dilakukan sebagai berikut:
  - a. Perlengkapan cetakan benda uji serta bagian muka penumbuk dibersihkan dengan seksama dan dipanaskan pada suhu  $93,3^{\circ}\text{C}$  s/d  $148,9^{\circ}\text{C}$ .

- b. Cetakan benda uji ditimbang dan diukur tinggi dan diameternya.
- c. Letakan selembar kertas saring/kertas penghisap menurut ukuran cetakan kedalam dasar cetakan.
- d. Masukkan seluruh campuran kedalam cetakan pada suhu 140°C. Kemudian tusuk-tusuk campuran dengan keras dengan menggunakan spatula yang telah dipanaskan 15 kali keliling pinggiran dan 10 kali dibagian tengahnya.
- e. Pematatan dilakukan dengan alat penumbuk sebanyak 75 kali (dipergunakan untuk lalulintas padat dengan muatan berat) dengan tinggi jatuh 45,7 cm dan palu pemadat selalu tegak lurus cetakan selama pematatan dilakukan.
- f. Pelat alas dan leher sambung dilepas kembali dari cetakan benda uji, cetakan yang berisi benda uji dibalikan, untuk kemudian plat dan leher sambung dipasang kembali ke cetakan benda uji yang telah dibalik.
- g. Pada permukaan benda uji yang telah terbalik, dilakukan tumbukan sebanyak 75 kali. Dan dilakukan penimbangan dan pengukuran kembali (setelah plat alas dan leher sambung dilepas).
- h. Dengan hati-hati benda uji dikeluarkan dari cetakan dan diletakan diatas permukaan yang rata selama  $\pm 24$  jam pada suhu ruang.

#### 5.4.2 Cara Pengujian

Dalam pelaksanaan pengujian benda uji digunakan alat tekan Marshsall. Beberapa hal yang perlu dilakukan sebelumnya.

1. Persiapan benda uji, langkah-langkah yang perlu dilakukan :
  - a. Membersihkan kotoran-kotoran yang menempel untuk selanjutnya dilakukan penimbangan.
  - b. Masing-masing benda uji diberi tanda pengenal.
  - c. Mengukur tinggi dan diameternya dengan kerelitian 0,1 mm terhadap alat ukur.
  - d. Direndam dalam air  $\pm$  24 jam pada temperatur ruang.
  - e. Ditimbang dalam kondisi dalam air.
  - f. Ditimbang dalam keadaan kering permukaan.
2. Cara pengujian benda uji dilakukan sebagai berikut :
  - a. Benda uji direndam dalam bak peredam (water bath) selama  $\pm$  40 menit dengan temperatur peredaman sebesar 60°C.
  - b. Kepala penekan alat Marshsall dibersihkan dan permukaannya dilumasi dengan vaselin agar benda uji mudah dilepas.
  - c. Setelah benda uji dikeluarkan dari water bath segera diletakkan, yang dilengkapi dengan arloji kelelahan (flow), dan arloji pembebanan/stabilitas.

- d. Pembebanan dimulai dengan posisi jarum diatur pada angka nol, sementara selubung tangkai arloji dipegang dengan kuat terhadap segmen atas kepala penekan.
- e. Kecepatan pembebanan dimulai dengan tetap 50 mm/menit hingga pembebanan maksimum tercapai saat arloji pembebanan berhenti dan menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum ukur. Pada saat itu dibaca pembebanan maksimum yang terjadi pada flow meter.

#### 5.4.3 Alat yang digunakan

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

1. cetakan benda uji lengkap dengan plat alas dan leher sambung,
2. mesin penumbuk manual,
3. alat untuk mengeluarkan benda (ejector)
4. alat Marshall lengkap dengan :
  - a) Kepala penekan (*breaking head*) berbentuk lengkung
  - b) Cincin penguji (*proving ring*)
  - c) Arloji pengukur alir (*flow*)
5. Oven,
6. bak peredam (*water bath*) dilengkapi dengan pengatur suhu mulai 20°C sampai dengan 60°C,



7. timbangan,
8. pengukur suhu dari logam (*metal thermometer*), dan
9. perlengkapan lain-lain :
  - a. Panci
  - b. Sendok pengaduk dan Spatula
  - c. Kompor plastik, gas elpiji dan minyak tanah
  - d. Sarung tangan asbes dan karet
  - e. Sendok pengaduk dan peralatan lainnya

#### 5.4.4 Anggapan Dasar

Penelitian dimaksudkan untuk mengkaji pengaruh penggunaan semen Portland sebagai filler terhadap perilaku campuran split mastic asphalt. Yang dimaksud perilaku campuran split mastic asphalt disini adalah pengaruh terhadap nilai-nilai *density* (kepadatan), *VFWA*, *stabilitas*, *flow*, *Quotient Marshall* dan *modulus kekakuan* (E).

Dalam pelaksanaan penelitian ini dianggap bahwa peralatan selama berlangsungnya penelitian dalam keadaan standar. Selain itu variasi didalam pengerjaan pembuatan benda uji (sample) dianggap relatif kecil atau dapat diabaikan. Sedangkan bahan-bahan untuk penelitian seperti agregat dan aspal dalam keadaan yang sama, maksudnya bahwa kualitas bahan dianggap sama seperti pada pengujian bahan.

#### 5.4.5 Cara analisis

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

- a. Benda uji sebelum direndam air (gram),
- b. Berat benda uji di dalam air (gram),
- c. Berat benda uji kering permukaan/SSD (gram),
- d. Tabel benda uji (mm),
- e. Pembacaan arloji stabilitas (lbs),
- f. Pembacaan arloji flow (mm).

Dari data-data diatas dapat dihitung harga-harga dari density, VIM, VFWA, flow, stabilitas dan Marshall Quotient. Cara perhitungannya sebagai berikut ini.

1. Berat jenis maksimum teoritis (h)

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

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

$$\text{Dipakai rumus : } h = \frac{100}{\frac{a}{F1} + \frac{b}{F2} + \frac{c}{F3} + \frac{d}{F4} + \frac{B}{2}}$$

dengan :

- a = % agregat max size ¾”
- b = % agregat max size ½”

c = % debu batu

d = % pasir

B = berat jenis (bulk) dari total agregat

F1 = BJ semu (apparent) agregat max size ¾"

F2 = BJ semu (apparent) agregat max size ½"

F3 = BJ semu (apparent) debu batu

F4 = BJ semu (apparent) pasir.

dengan :

$$B = \frac{100}{\frac{a}{X1} + \frac{b}{X2} + \frac{c}{X3} + \frac{d}{X4}}$$

Keterangan :

a = % agregat max size ¾"

b = % agregat max size ½"

c = % debu batu

d = % pasir

X1 = BJ (bulk) agregat max size ¾"

X2 = BJ (bulk) agregat max size ½"

X3 = BJ (bulk) debu batu

X4 = BJ (bulk) pasir

2. VFWA = % rongga terisi aspal (m)

Dipakai rumus, 
$$m = \frac{100}{\frac{I}{L}}$$

dengan I = rumus substitusi

L = % rongga terhadap agregat

3. Flow (kelelahan)

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

4. Stabilitas

Nilai stabilitas diperoleh dari hasil pembacaan arloji stabilitas alat tekanan marshall. Nilai ini masih harus dikoreksi dengan kalibrasi alat dan angka koreksi ketebalan (lihat tabel 5.2). Nilai stabilitas terpakai diperoleh dengan rumus :

$$q = 10,2 \times s \times 0,4536 \times I \text{ (kg)}$$

dengan :

q = Nilai stabilitas

s = Pembacaan arloji stabilitas

I = Angka koreksi tebal benda uji

10,24 = kalibrasi alat

0,4536 = Perubahan satuan (lb menjadi kg)

5. Marshall Quotien (MQ)

$$MQ = \frac{\text{Stabilitas}}{\text{Flow}}$$

## BAB VI

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 6.1 Hasil Penelitian

Dari serangkaian pengujian bahan dan campuran Split Mastic Asphalt dengan cara 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 dilakukan terlebih dahulu bahan yang akan digunakan diuji untuk memastikan bahwa bahan tersebut bisa digunakan (masuk spesifikasi).

Tabel 6.1 Persyaratan agregat kasar dan hasil pengujian laboratorium

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat *)	Hasil
01.	Keausan dengan mesin Los Angeles (%)	Maksimal 40	36,84
02.	Kelekatan terhadap aspal (%)	> 95	100,00
03.	Penyerapan air (%)	maksimal 3	1,344
04.	Berat jenis ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	minimal 2,5	2,784

\*) Sumber : Spesifikasi Aspal Beton (Hotmix), Dit. Jend. Bina Marga DPU.

Tabel 6.2 Persyaratan agregat halus dan hasil pengujian laboratorium

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat *)	Hasil
01.	Nilai sand equivalend (%)	Minimal 50	92,4885
02.	Peresapan terhadap air (%)	Maksimal 3	1,420
03.	Berat jenis ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	Minimal 2,5	2,7542

\*) Sumber : Spesifikasi Aspal Beton (Hotmix SMA), Dit. Jend. Bina Marga DPU.

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

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat *)		Hasil
		Minimal	Maksimal	
01	Penetrasi (0,1 mm)	60	79	62,30
02	Titik lembek (°C)	48	58	51,50
03	Titik nyala (°C)	200	–	335,00
04	Kelarutan dalam CCL 4	99	–	99,115
05	Berat jenis (gram/cm <sup>3</sup> )	1	–	1,041
06	Pemeriksaan Daktilitas	100	–	165

\*) Sumber : Spesifikasi Aspal Beton (Hotmix SMA), Dit. Jend. Bina Marga DPU.

Dari hasil pengujian bahan-bahan seperti di atas, bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini telah memenuhi persyaratan sebagai bahan penelitian.

#### 6.1.2 Hasil pengujian kadar aspal optimum

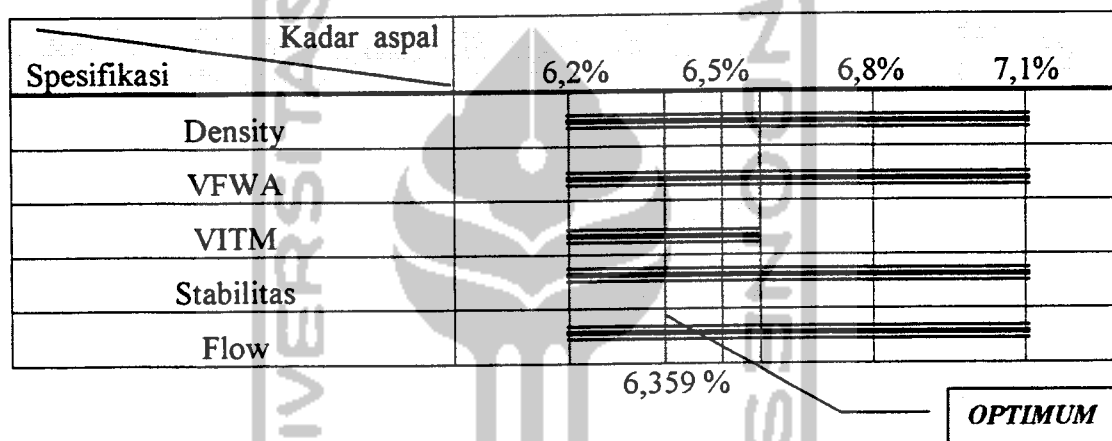
Kadar aspal optimum adalah jumlah aspal yang digunakan dalam campuran agar dapat mencapai persyaratan berdasarkan VITM, *flow*, VFWA dan stabilitas.

Hasil penelitian uji Marshall dengan variasi kadar aspal disajikan pada Tabel 6.4.

Tabel 6.4 Hasil uji Marshall dengan variasi kadar aspal

Karakteristik	Kadar Aspal			
	6,2 %	6,5 %	6,8	7,1 %
Density	2,3764	2,3802	2,3919	2,4056
VFWA	78,56	81,66	86,75	92,16
VITM	3,87	3,29	2,39	1,4
Stability	1392	1435	1360	1237
Flow	3,471	3,81	3,217	2,879

Untuk menentukan nilai kadar aspal optimum diperoleh dengan cara sebagai berikut ini. Rentang kadar aspal yang memenuhi spesifikasi berdasarkan nilai *density*, VITM (3%-5%), flow (2mm-4mm), VFWA (>75%) dan stabilitas (>750 kg) diplotkan pada tabel *spec-kadar aspal*. Berdasarkan garis yang telah diplotkan pada tabel *spec-kadar aspal*, dicari batas terdalam dari kanan maupun dari kiri tabel tersebut. Nilai tengah di antara kedua batas tersebut merupakan kadar aspal optimum. Kadar aspal optimum yang dihasilkan pada penelitian ini diberikan pada Gambar 6.1.



Gambar 6.1 Kadar Aspal Optimum

Berdasarkan Gambar 6.1 terlihat bahwa kadar aspal optimum untuk campuran dicapai pada 6,395 %. Kadar aspal optimum yang telah dicapai pada penelitian ini adalah kadar aspal terhadap campuran total, sehingga kadar aspal optimum ini merupakan kadar aspal disain pada campuran panas.

### 6.1.3 Hasil pengujian

Dari hasil penelitian yang dilakukan di laboratorium, diperoleh nilai-nilai kepadatan *density* (kepadatan), VIM (*Void in the mix* = % rongga dalam campuran), VFWA (*Void Filled With Asphalt*), *stabilitas*, *flow* (kelelahan), dan marshall quotient (QM) seperti yang terdapat pada Tabel 6.5 dan Tabel 6.6.

Tabel. 6.5 Tabel Hasil Uji Marshall pada Campuran SMA+S dengan Agregat Kasar menggunakan Batu Andesit Kadar Aspal Optimum 6,395 % untuk jenis Filler debu batu Andesit

Kadar Filler	Kode	Density (gr/cc)	VITM (%)	Flow (mm)	VFWA (%)	Stabilitas (kg)	Marshall Quotient
5 %	A <sub>1</sub>	2,346	4,8215	4,699	74,940	1077,86	236,462
7 %	A <sub>2</sub>	2,361	4,2291	3,937	77,455	1146,3	290,354
9 %	A <sub>3</sub>	2,411	2,1976	3,429	87,08	1234,85	361,647

Tabel. 6.6 Tabel Hasil Uji Marshall pada Campuran SMA+S dengan Agregat Kasar menggunakan Batu Andesit Kadar Aspal Optimum 6,395 % untuk jenis Filler Semen Portland

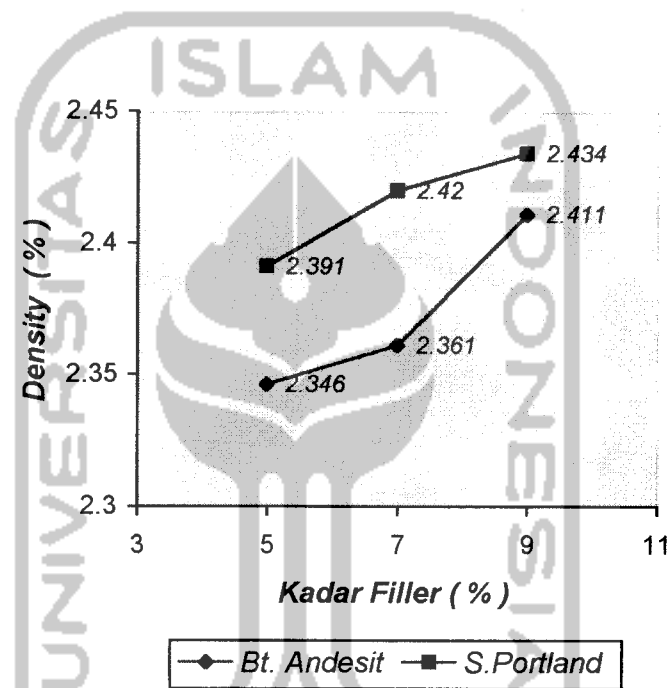
Kadar Filler	Kode	Density (gr/cc)	VITM (%)	Flow (mm)	VFWA (%)	Stabilitas (kg)	Marshall Quotient
5 %	S <sub>1</sub>	2,391	3,0031	4,064	83,034	1167,54	277,165
7 %	S <sub>2</sub>	2,420	1,8036	3,683	89,187	1293,62	331,543
9 %	S <sub>3</sub>	2,434	1,2492	2,921	92,292	1360,84	420,246



## 6.2 Pembahasan

### 6.2.1 Pengaruh terhadap kepadatan (*density*)

Kepadatan campuran (*density*) menunjukkan besarnya derajat kepadatan dari suatu campuran yang telah dipadatkan. Campuran dengan *density* yang tinggi akan mampu menahan beban yang besar apabila dibandingkan dengan campuran kepadatan yang rendah.



Gambar 6.2 Hubungan kadar dan jenis filler dengan density

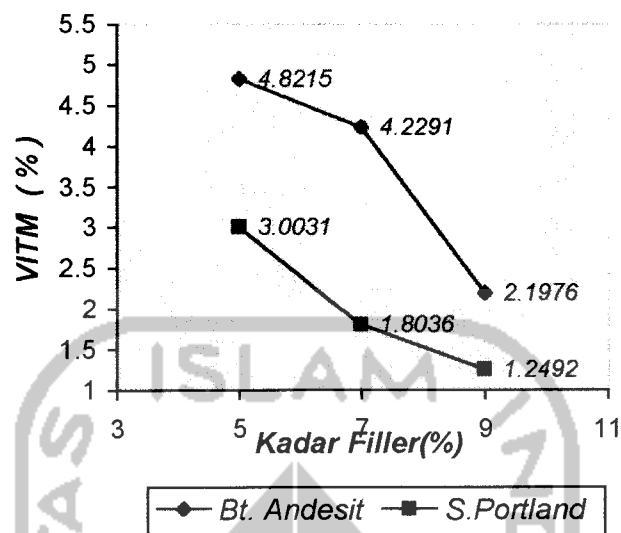
Hasil pengujian laboratorium pada Gambar 6.2 menunjukkan nilai kepadatan (*density*) meningkat seiring dengan bertambahnya kadar filler, ini dikarenakan pada saat pemadatan butir-butir filler akan mengisi rongga udara sehingga campuran semakin padat. Banyaknya kadar filler yang digunakan berpengaruh terhadap jumlah butir-butir yang mengisi rongga udara, sehingga kepadatan semakin tinggi.

~ Kedua jenis campuran bila dibandingkan tampak pada Gambar 6.2 bahwa campuran yang menggunakan semen portland sebagai filler mempunyai nilai density yang lebih tinggi. Hal ini disebabkan berat jenis semen yang lebih besar, berkisar  $3,15 \text{ gr/cm}^3$  (Kardiono, 1995)[5], dan berat jenis batu andesit  $2,719 \text{ gr/cm}^3$  (hasil penelitian laboratorium). Artinya kemampuan filler semen mengisi rongga-rongga campuran lebih banyak. Dalam volume yang sama menyebabkan beratnya bertambah, dengan bertambahnya berat menjadikan tingkat kerapatan dan kepadatan meningkat.

Dari penelitian ini didapatkan hasil yang terbaik untuk jenis filler debu batu andesit maupun semen Portland pada kadar filler 9% .

#### **6.2.2 Pengaruh terhadap VITM (*Void InThe Mix*)**

Void In The Mix (VITM) menunjukkan banyaknya rongga udara yang ada dalam campuran yang dinyatakan dalam persen. Nilai VITM berpengaruh terhadap kekedapan campuran. Apabila nilai VITM besar berarti banyak rongga yang terjadi dalam campuran tersebut sehingga campuran kurang kedap terhadap udara dan air, akibatnya aspal akan mudah teroksidasi, sehingga menimbulkan kerusakan. Selain itu nilai VITM juga menunjukkan nilai kekakuan campuran. Campuran yang mempunyai nilai VITM kecil menunjukkan campuran dengan kekakuan tinggi dan sebaliknya apabila nilai VITM besar kekakuannya lebih rendah. Adapun nilai VITM yang disyaratkan Bina Marga 3 % - 5 %.



Gambar 6.3 Hubungan kadar dan jenis filler dengan VITM

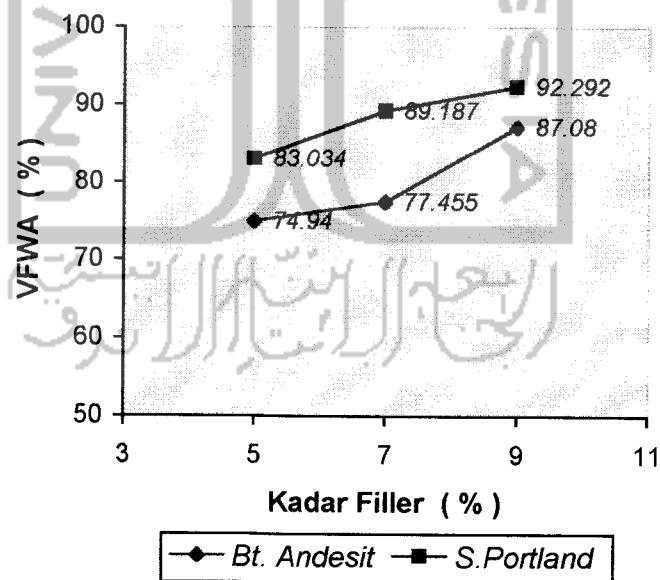
Dari Gambar 6.3 hasil pengujian di laboratorium tampak bahwa nilai VITM menurun dengan bertambahnya kadar filler. Hasil ini karena filler mampu mengisi lebih banyak rongga-rongga yang terjadi. Pada waktu pemadatan, partikel agregat ini dapat merapat dan butir bahan pengisi akan mengisi rongga yang ada sehingga agregat akan menjadi lebih rapat dan memperkecil rongga yang terjadi.

Pada kadar filler yang sama terlihat bahwa bahan pengisi semen portland menunjukkan nilai VITM yang lebih kecil, hal ini dikarenakan semen memiliki tingkat kehalusan yang relatif lebih tinggi (sangat halus) dibandingkan butir pengisi debu batu andesit sehingga butir pengisi semen mempunyai kemampuan mengisi rongga-rongga dalam campuran yang baik sekali.

Dari hasil penelitian yang dilakukan, jenis filler debu batu Andesit yang memenuhi persyaratan adalah kadar filler 5% dan 7%. Sedangkan untuk filler semen Portland yang memenuhi persyaratan adalah dengan kadar filler 5%.

### 6.2.3 Pengaruh terhadap VFWA ( Void Filled With Asphalt)

VFWA menunjukkan banyaknya rongga dalam campuran yang dapat terisi aspal. VFWA berpengaruh terhadap kekuatan ikatan (adhesi), kededapan dan keawetan suatu campuran. Persyaratan Bina Marga adalah antara 75 % s.d. 85 %. VFWA yang terlalu tinggi ( $> 85\%$ ) akan menyebabkan bleeding. Hal ini disebabkan karena rongga yang kosong terlalu kecil, sehingga pada temperatur yang tinggi aspal akan mengalir ke permukaan. Sebaliknya bila VFWA rendah akan mengurangi daya ikat sehingga stabilitasnya rendah.



Gambar 6.4 Hubungan kadar dan jenis filler dengan VFWA

Gambar 6.4 hasil dari penelitian di laboratorium menunjukkan bahwa secara keseluruhan nilai VFWA mengalami kenaikan pada kedua jenis campuran seiring bertambahnya kadar filler. Dengan meningkatnya penggunaan kadar filler mengakibatkan rongga dalam campuran mengecil, sehingga dengan kadar aspal yang tetap mengakibatkan persentase rongga yang terisi aspal menjadi besar.

Pada kadar filler yang sama nilai VFWA untuk filler semen portland lebih tinggi, hal ini dikarenakan semen portland 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 batu andesit yang mempunyai tingkat kehalusan yang relatif lebih rendah dari semen dan keseragaman butiran yang tidak sama menjadikan butiran pengisi debu batu Andesit lebih mengganggu masuknya aspal kedalam campuran, akibatnya VFWA dengan filler debu batu Andesit lebih rendah.

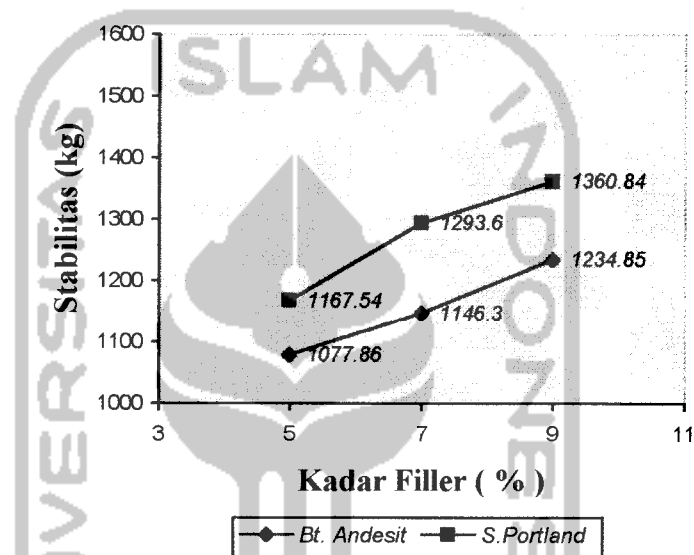
Hasil penelitian yang memenuhi persyaratan untuk jenis filler debu batu andesit adalah kadar filler 7 % dan 9 %, sedangkan untuk jenis filler semen portland adalah kadar filler 5%, 7% dan 9%.

#### **6.2.4 Pengaruh terhadap stabilitas**

Nilai stabilitas menunjukan besarnya kemampuan perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja. Perkerasan yang mempunyai nilai

stabilitas tinggi akan mampu menahan beban lalulintas yang besar. Rendahnya nilai stabilitas akan mengakibatkan turunnya daya dukung terhadap beban lalulintas.

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



Gambar 6.5 Hubungan kadar dan jenis filler dengan stabilitas

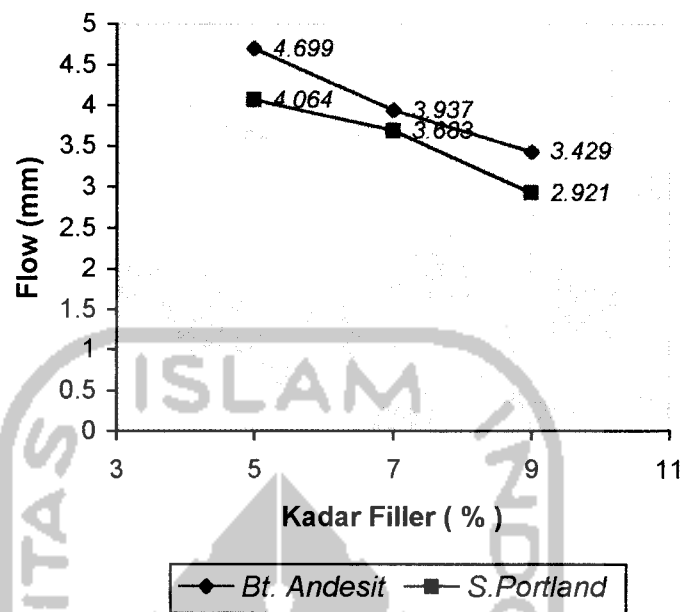
Hasil pengujian laboratorium pada Gambar 6.5 tampak bahwa stabilitas kedua jenis campuran berada di atas batas spesifikasi, yang berarti campuran tersebut mampu menahan beban lalulintas yang direncanakan. Juga terlihat semakin banyak filler yang digunakan mengakibatkan campuran semakin rapat dan sifat saling mengunci antar agregat bertambah, sehingga nilai stabilitas naik seiring dengan bertambahnya kadar filler.

Jika dibandingkan antara campuran yang menggunakan filler semen portland berada di atas campuran yang menggunakan filler batu andesit, ini dikarenakan campuran dengan filler semen portland mempunyai tingkat kerapatan yang lebih besar dibandingkan dengan campuran yang menggunakan batu andesit. Hal ini menjadikan stabilitas campuran yang menggunakan filler semen portland lebih besar dibandingkan filler batu andesit.

#### **6.2.5 Pengaruh terhadap keelehan (*Flow*)**

Kelelahan (*flow*) adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm. Persyaratan Bina Marga dan SKBI 1987 untuk nilai flow adalah 2 mm s.d. 4 mm. Suatu campuran dengan flow tinggi ( $> 4$  mm), maka campuran cenderung plastis (fleksibilitasnya tinggi) sehingga mudah berubah bentuk jika menerima beban. Sebaliknya jika flow rendah ( $< 2$  mm) maka campuran menjadi kaku dan mudah retak (*cracking*) jika beban melampaui daya dukungnya.

Pada Gambar 6.5 hasil penelitian di laboratorium terlihat bahwa nilai flow menurun seiring bertambahnya kadar filler. Hal ini dikarenakan apabila campuran dipadatkan maka bahan pengisi tersebut akan mengisi rongga-rongga yang ada sehingga campuran tersebut menjadi semakin rapat. Apabila campuran yang semakin rapat menerima beban, maka deformasi akibat beban tersebut akan menjadi kecil. Perilaku ini berlaku untuk kedua jenis filler.



Gambar 6.6 Hubungan kadar dan jenis filler dengan flow

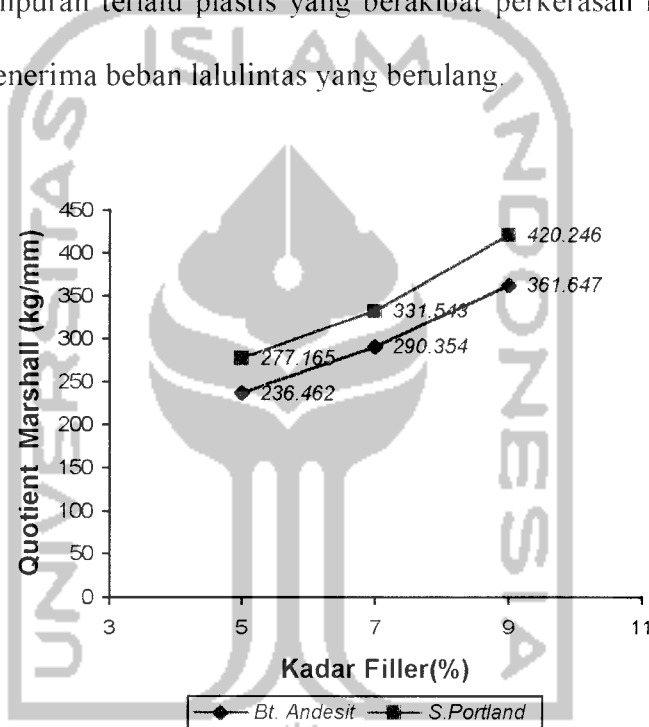
Jika dibandingkan antara campuran yang menggunakan filler semen portland mempunyai nilai keelehan yang lebih kecil dibandingkan campuran yang menggunakan filler batu andesit. Ini disebabkan oleh karakteristik semen portland dengan sifat hidrolis, disamping itu bahan filler semen portland mempunyai kandungan mineral yang dapat memberikan kerapatan yang tinggi, sehingga karakteristik dari campuran sedikit berubah dan perubahannya ditunjukkan oleh keelehan yang kecil.

Dari hasil penelitian seperti pada Gambar 6.6 diperoleh hasil yang memenuhi spesifikasi Bina Marga yaitu pada kadar filler 7 % dan 9 % baik untuk campuran yang menggunakan filler debu batu andesit dan semen portland.



### 6.2.6 Pengaruh terhadap nilai QM (*Quotient Marshall*)

Nilai Quotient Marshall merupakan hasil bagi antara stabilitas dan kelelahan yang digunakan sebagai pendekatan terhadap tingkat campuran SMA (*Split Mastic Asphalt*). Stabilitas yang tinggi yang disertai kelelahan rendah menunjukkan campuran bersifat kaku, sebaliknya stabilitas rendah dengan kelelahan tinggi menunjukkan campuran terlalu plastis yang berakibat perkerasan mudah mengalami deformasi bila menerima beban lalulintas yang berulang.



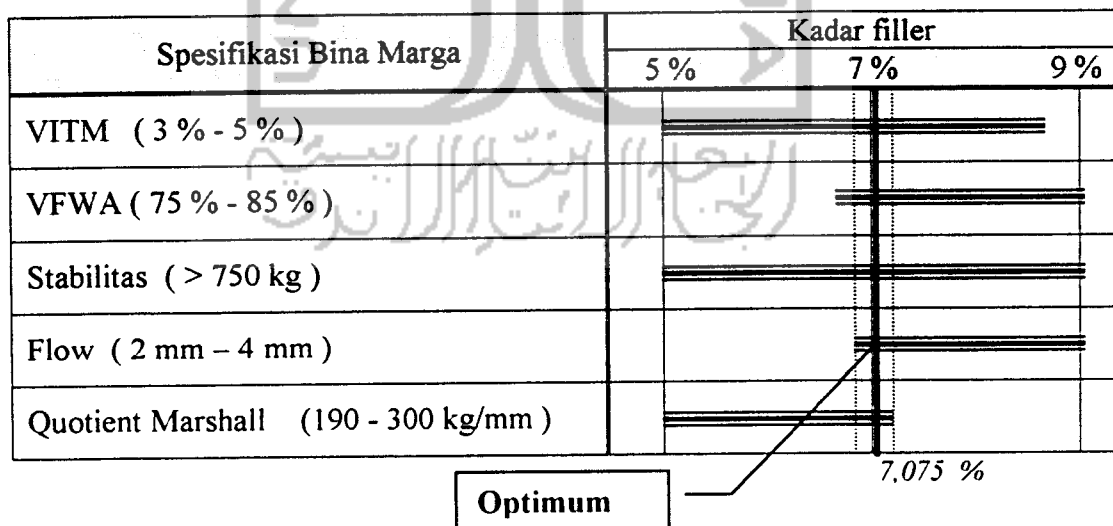
Gambar 6.7 Hubungan kadar dan jenis filler dengan QM

Besarnya nilai QM (*Quotien Marshall*) sehubungan dengan perubahan kadar filler terlihat pada Gambar 6.7. Kecenderungan dari nilai QM hasil penelitian laboratorium adalah semakin meningkat nilai QM-nya. Hal ini disebabkan dengan semakin tinggi kadar filler, maka nilai stabilitasnya menjadi naik dan nilai flownya cenderung turun. Kondisi ini berlaku untuk kedua jenis filler.

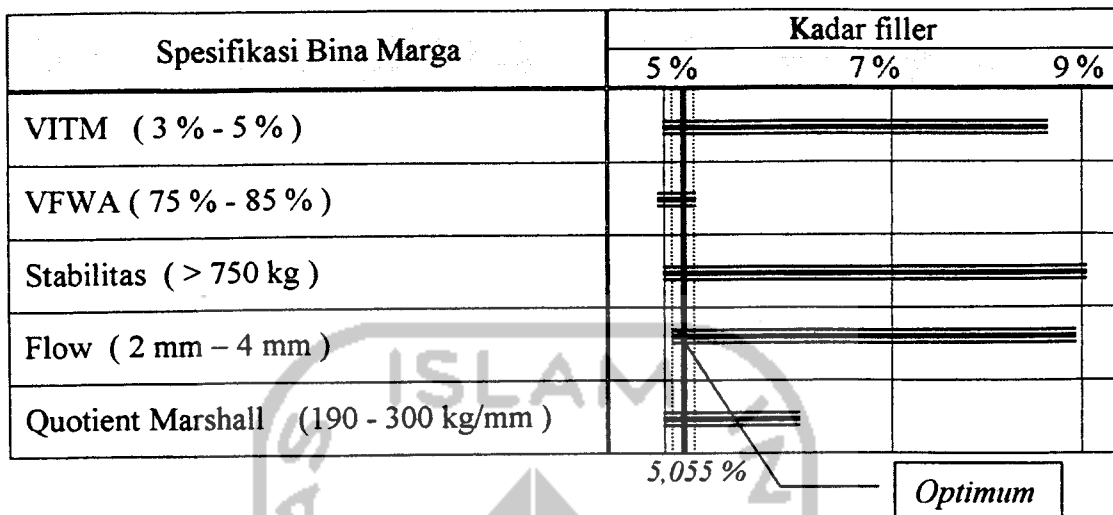
Pada kadar filler yang sama terlihat bahwa campuran yang menggunakan filler semen portland memberikan nilai QM yang lebih tinggi dibandingkan dengan campuran yang menggunakan batu andesit. Hal ini dikarenakan campuran dengan filler semen memiliki nilai stabilitas yang tinggi dan nilai flownya rendah. Sedangkan pada campuran dengan filler batu andesit nilai stabilitasnya rendah, nilai flownya tinggi.

### 6.2.7 Evaluasi hasil laboratorium terhadap spesifikasi

Dari gambar grafik 6.2 sampai 6.7 dapat ditentukan kadar filler optimum untuk masing-masing campuran. Yaitu dengan cara rentang kadar filler yang memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga dari VITM, VFWA, stabilitas, flow dan Quotient Marshall tersebut di plotkan kedalam gambar dicari batas yang paling menjorok masuk baik dari kanan maupun dari kiri. Nilai tengahnya merupakan kadar filler optimum.



Gambar 6.8 Penentuan kadar filler optimum untuk filler batu andesit



Gambar 6.9 Penentuan kadar filler optimum untuk filler semen portland

Dari Gambar 6.8 dan 6.9 didapatkan hasil kadar fiiler optimum untuk campuran yang menggunakan filler batu andesit sebesar 7,075% sedangkan untuk semen portland sebesar 5,055 %.

#### 6.2.8 Modulus kekakuan bitumen (*S bit*)

Pada perhitungan *bitumen stiffness* (modulus kekakuan bitumen) dengan menggunakan nomogram dikembangkan oleh Van der Poel dan formula diturunkan oleh Ullidz. Pada penentuan nilai kekakuan aspal ini temperatur perkerasan yang digunakan adalah temperatur perkerasan rata-rata di Indonesia yaitu 30° C. Panjang jejak roda diambil 25 cm, dengan asumsi kecepatan kendaraan ( $V$ ) = 50 km/jam.

Contoh perhitungan :

**a. Modulus kekakuan bitumen (*S bit*) menggunakan nomogram Van der Poel**

$t$  = waktu pembebanan

$v$  = kecepatan kendaraan (km/jam), diambil 50 km/jam

$l$  = panjang jejak roda (cm), diambil 25 cm

$T$  = temperatur rencana perkerasan ( $^{\circ}\text{C}$ ), diambil  $30^{\circ}\text{C}$

$$1. t = \frac{l}{v} \text{ (detik)}$$

$$= \frac{0,25 \times 3600}{50000} = 0,018 \text{ detik}$$

$$2. \text{ Titik lembek aspal (Trb)} = 51,5^{\circ}\text{C}$$

$$3. \text{ Penetrasi aspal pada suhu } 25^{\circ}\text{C (Pi)} = 62,3^{\circ}\text{C}$$

$$4. \text{ Suhu antara (Trb - T)} = 51,5^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C} = 21,5^{\circ}\text{C}$$

$$5. \text{ Penetration Index (Plr)}$$

$$\text{Plr} = \frac{27 \log \text{Pi} - 21,65}{76,35 \log \text{Pi} - 232,82}$$

$$\text{Plr} = \frac{27 \log 62,3 - 21,65}{76,35 \log 62,35 - 232,82} = -0,27973$$

Dari data (1),(4) dan (5) dengan nomogram Van der Poel (gambar 2.1) maka didapat nilai kekakuan bitumen (*S bit*) sebesar  $= 8 \times 10^6 \text{ N/m}^2$

**b. Modulus kekakuan (*S bit*) menggunakan formula Ullidz**

$$\text{Pr} = 0,65 \times \text{Pi}$$

$$= 0,65 \times 62,3 = 40,495$$

$$Plr = \frac{27 \log Pi - 21,65}{76,35 \log Pi - 232,82}$$

$$Plr = \frac{27 \log 62,3 - 215}{76,35 \log 62,82 - 232,82}$$

$$Plr = -0,27973$$

$$\begin{aligned} SPr &= 98,4 - 26,35 \log Pr \\ &= 98,4 - 26,35 \log 40,495 \\ &= 56,045 \end{aligned}$$

$$Sb = 1,157 \times 10^{-7} \times t^{-0,368} \times 2,718^{-Plr} \times (Spr - T)^5$$

$$Sb = 1,157 \times 10^{-7} \times 0,018^{-0,368} \times 2,718^{-(-0,27973)} \times (56,045 - 30)^5$$

$$= 8,04429 \text{ MPa}$$

$$= 8,0443 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

Dari kedua cara tersebut diatas untuk mencari nilai kekakuan bitumen baik yang menggunakan nomogram Van der Poel maupun dengan rumus Ullidz didapat nilai yang tidak jauh berbeda.

### 6.2.9 Modulus kekakuan campuran (*Smix*)

Pada penelitian ini dicari nilai modulus kekakuan campuran dengan menggunakan formula Heukelom and Klomp dan nomogram dari Shell.

Contoh perhitungan :

a. Nomogram dari Shell

Sebagai contoh diambil dari sampel filler debu batu andesit 5 %.

$$S_{bit} = 8 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

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

$$V_v = \frac{(\tau_{\max} - \tau_w) \times 100}{\tau_{\max}}$$

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

$$M_a = \frac{1200 - 76,74}{1200} \times 100\% = 93,605\%$$

$$M_b = \frac{76,74}{1200} \times 100\% = 6,395\%$$

$$\tau_{\max} = \frac{100 \times 1}{(6,395/1,041) + (93,605/2,719)} = 2,4649$$

$$V_v = \frac{(2,4649 - 2,3514) \times 100}{2,4649} = 4,605$$

$$V_b = \frac{(100 - 4,605) \times (6,395/1,041)}{(6,395/1,041) + (93,605/2,719)} = 14,4450$$

$$V_v + V_b + V_g = 100\%$$

$$V_g = 100\% - 4,605\% - 14,4450\% = 80,9499\%$$

Dari hasil perhitungan diatas selanjutnya dicari nilai kekakuan campuran dari nomogram Shell. Dari nomogram didapat kekakuan campuran =  $0,4857 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ .

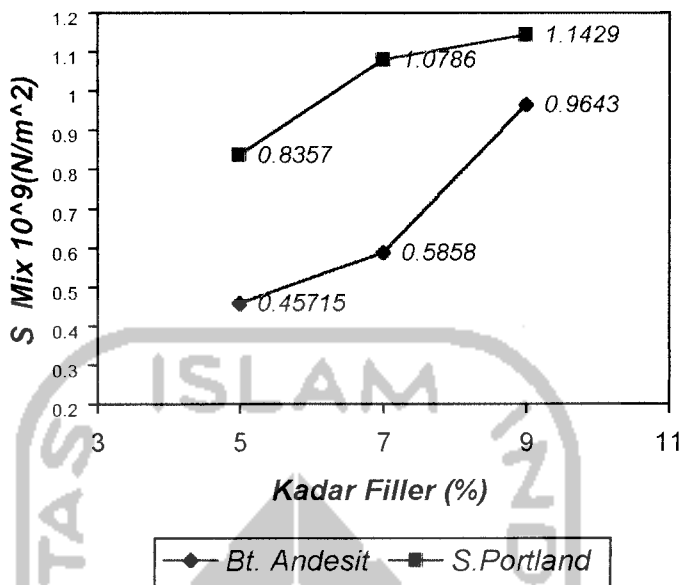
Hasil perhitungan seluruh sampel dapat dilihat pada Tabel 6.7, Tabel 6.8 dan Gambar 6.10 berikut ini.

Tabel 6.7 Perhitungan kekakuan campuran dari nomogram Shell untuk filler debu batu andesit

Kadar Filler	No. Sampel	Vb (%)	Vg (%)	Kekakuan campuran (N/m <sup>2</sup> )	
5 %	A-1	14,4450	80,9499	0,4857 x 10 <sup>9</sup>	0,4572 x 10 <sup>9</sup>
	A-2	14,3792	80,5815	0,4286 x 10 <sup>9</sup>	
7 %	A-3	14,4400	80,9224	0,5572 x 10 <sup>9</sup>	0,5858 x 10 <sup>9</sup>
	A-4	14,5635	81,6143	0,6143 x 10 <sup>9</sup>	
9 %	A-5	14,7963	82,9191	0,9143 x 10 <sup>9</sup>	0,9643 x 10 <sup>9</sup>
	A-6	14,8228	83,0671	1,0143 x 10 <sup>9</sup>	

Tabel 6.8 Perhitungan kekakuan campuran dari nomogram Shell untuk filler semen Portland

Kadar Filler	No. Sampel	Vb (%)	Vg (%)	Kekakuan campuran (N/m <sup>2</sup> )	
5 %	S-1	14,6569	82,1376	0,7857 x 10 <sup>9</sup>	0,8357 x 10 <sup>9</sup>
	S-2	14,7183	82,4819	0,8857 x 10 <sup>9</sup>	
7 %	S-3	14,8885	83,4355	1,1143 x 10 <sup>9</sup>	1,0786 x 10 <sup>9</sup>
	S-4	14,8504	83,2220	1,0429 x 10 <sup>9</sup>	
9 %	S-5	14,96665	83,8727	1,1572 x 10 <sup>9</sup>	1,1429 x 10 <sup>9</sup>
	S-6	14,9395	83,7212	1,1286 x 10 <sup>9</sup>	



Gambar 6.10 Kekakuan campuran untuk filler batu andesit dan semen portland menggunakan nomogram Shell

**b. Formula Heukelomp and Klomp**

$$V_b = 14,4450$$

$$V_v = 4,605$$

$$V_g = 80,9499$$

$$S_{mix} = S_{bit} \left[ 1 + \frac{2,5}{n} \times \frac{C_v}{1 - C_v} \right]^n$$

$$C_v = \frac{V_g}{V_g + V_b} = \frac{80,9499}{80,9499 + 14,4450} = 0,8485$$

Karena harga  $V_v > 3\%$  maka dicari harga  $C_v'$

$$C_v' = \frac{C_v}{1 + 0,01(V_v - 3)}$$



$$= \frac{0,8485}{1 + 0,01(4,605 - 3)} = 0,8351$$

$$\text{Syarat } C_b > \frac{2}{3} (1 - C_v')$$

$$C_b = \frac{V_b}{V_b + V_g} = \frac{14,4450}{14,4450 + 80,9499} = 0,151423$$

$$\frac{2}{3} (1 - C_v') = \frac{2}{3} (1 - 0,8351) = 0,109885$$

$$\text{Jadi } C_b > \frac{2}{3} (1 - C_v')$$

$$n = 0,83 \log \left[ \frac{4 \times 10^{10}}{\text{S bit}} \right]$$

$$n = 0,83 \log \left[ \frac{4 \times 10^{10}}{8,0 \times 10^6} \right] = 3,0701$$

$$\begin{aligned} S_{\text{mix}} &= 8,0 \times 10^6 \left[ 1 + \frac{2,5}{3,0701} \times \frac{0,8495}{1 - 0,8495} \right]^{3,0701} \\ &= 1208346486 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan sampel yang lain, dengan cara yang sama dapat dilihat pada Tabel 6.9, Tabel 6.10 dan Gambar 6.11 berikut ini.

Tabel 6.9 Perhitungan kekakuan campuran menurut formula Heuklomp and Klomp untuk filler debu batu andesit

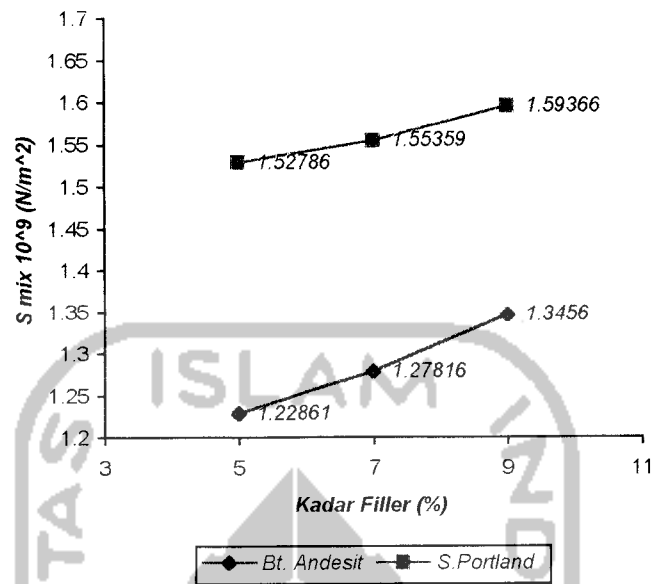
Sampel	Vb (%)	Vv (%)	Vg (%)	Cv (%)	Cv' (%)	Cb	S mix *) (N/m <sup>2</sup> )
5% A-1	14,445	4,605	80,950	0,849	0,835	0,1514	1,22861 x 10 <sup>9</sup>
5% A-2	14,379	5,039	80,582	0,849	0,832	0,1514	
7% A-3	14,440	4,638	80,922	0,849	0,835	0,1514	1,27816 x 10 <sup>9</sup>
7% A-4	14,564	3,822	81,614	0,849	0,842	0,1514	
9% A-5	14,796	2,285	82,919	0,849	0,855	0,1514	1,34561 x 10 <sup>9</sup>
9% A-6	14,823	2,110	83,067	0,849	0,856	0,1514	

\*) S mix rata-rata dari sampel 1 dan sampel 2

Tabel 6.10 Perhitungan kekakuan campuran menurut Heuklomp and Klomp untuk filler semen portland

Sampel	Vb (%)	Vv (%)	Vg (%)	Cv (%)	Cv' (%)	Cb	S mix *) (N/m <sup>2</sup> )
5% S-1	14,657	3,205	82,138	0,849	0,847	0,1514	1,52786 x 10 <sup>9</sup>
5% S-2	14,718	2,800	82,482	0,849	0,851	0,1514	
7% S-3	14,889	1,676	83,436	0,849	0,861	0,1514	1,55359 x 10 <sup>9</sup>
7% S-4	14,850	1,928	83,222	0,849	0,858	0,1514	
9% S-5	14,966	1,161	83,873	0,849	0,865	0,1514	1,59366 x 10 <sup>9</sup>
9% S-6	14,939	1,339	83,721	0,849	0,863	0,1514	

\*) S mix rata-rata dari sampel 1 dan sampel 2



Gambar 6.11 Kekakuan campuran dengan filler batu andesit dan semen portland menurut formula Heukelomp and Klomp

## BAB VII

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 7.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari serangkaian penelitian terhadap agregat dan aspal yang akan digunakan untuk campuran Split Mastic Asphalt telah memenuhi syarat spesifikasi dari Bina Marga sehingga dapat dipakai sebagai bahan penelitian.
2. Pengaruh penggunaan semen portland sebagai filler dalam campuran Split Mastic Asphalt memberikan kualitas yang lebih baik jika dibandingkan dengan batu andesit sebagai filler. Hal ini ditandai dengan nilai *density*, *VFWA*, *Stabilitas* dan *Quotient Marshall* yang lebih besar. Juga ditandai dengan lebih rendahnya nilai *flow* dan *VITM*.
3. Penggunaan variasi kadar filler pada campuran Split Mastic Asphalt (SMA), memberi pengaruh terhadap naiknya nilai *density*, *VFWA*, *Stabilitas*, dan *Quotient Marshall*. Serta menurunkan nilai *flow* dan *VITM*.
4. Dengan variasi kadar filler 5%, 7% dan 9% pada campuran Split Mastic Asphalt yang menggunakan filler semen portland didapatkan kadar filler optimum sebesar 5,055% untuk filler batu andesit sebesar 7,075%.

## 7.2 Saran-saran

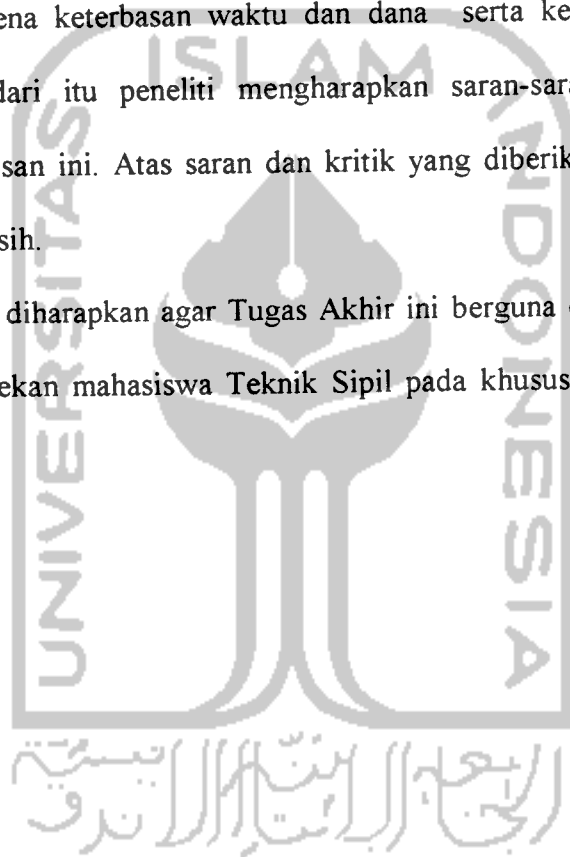
Dari pengalaman penelitian dilaboratorium dapat dikemukakan saran-saran sebagai berikut :

1. Agar sutau penelitian berjalan lancar dan berhasil dengan baik, maka sebelum melakukan penelitian selain mengetahui prosedur pelaksanaanya juga harus mengetahui teorinya terlebih dahulu. Sehingga apabila terjadi penyimpangan hasil dapat diketahui sejakawal.
2. Perlunya diadakan pengawasan dan pengendalian mutu yang baik dan terus menerus selama proses perencanaan pencampuran dan pelaksanaan, karena hal ini menentukan sekali terhdap kualitas hasil darii campuran SMA.
3. Untuk bahan pengisi dalam pelaksanaan di lapangan, disarankan memakai bahan pengisi semen portland, hal ini dilihat dari hasil penelitian bahwa bahan pengisi semen portland hasilnya lebih baik dari bahan pengisi batu andesit, dan diusahakan untuk mendapatkan rencana campuran dengan kadar filler yang optimum dan sesuai dengan persyaratan.
4. Mengingat pada penelitian ini penggunaan kadar filler yang rentang variasinya cenderung kurang, maka perlu ada kajian terhadap perilaku campuran SMA dengan rentang variasi kadar filler yang lebih luas dan beragam.

## PENUTUP

Demikian penyusunan Tugas Akhir ini, namun disadari bahwa tulisan ini masih jauh dari sempurna, baik dari materi maupun dari penyampaiannya yang semata-mata karena keterbatasan waktu dan dana serta keterbatasan kemampuan peneliti, maka dari itu peneliti mengharapkan saran-saran dari pembaca demi sempurnanya tulisan ini. Atas saran dan kritik yang diberikan, untuk itu diucapkan banyak terima kasih.

Akhirnya diharapkan agar Tugas Akhir ini berguna dan ditindaklanjuti bagi pembaca rekan-rekan mahasiswa Teknik Sipil pada khususnya maupun masyarakat pada umumnya.



## DAFTAR PUSTAKA

1. Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1992; "Buku III Sfesifikasi Umum", Jakarta.
2. Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 13/PT/B/1983; "Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (laston)", Jakarta.
3. Djoko Murwono dan Dewanti, 1996; "Bahan Jalan dan Metode Pelaksanaan (Kursus Manajemen Pelaksanaan Pembangunan Jalan)", Yogyakarta.
4. FA. Mujiono, 1994; "Spesifikasi Aspal Beton ( Hot Mix Split Mastic Asphalt )", Biro Penerbit Dit. Jend. Bina Marga DPU, Bandung.
5. Kardiono Tjokrodimulyo, 1995, "Teknologi Beton", Biro penerbit KMTS UGM, Yogyakarta.
6. Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan UII, "Panduan Praktikum Jalan Raya IV", Yogyakarta.
7. Lismanto dan Muhammad As'ad, 1993; "Mekanisme Stabilitas Aspal oleh Serat Selulosa di Dalam Campuran Split Mastic Asphalt", Biro Penerbit Dit. Jend. Bina Marga DPU, Jakarta.
8. Moh. Ali Khairudin, 1993; "Tinjauan Umum Hasil Aplikasi Split Mastic Asphalt", Biro Penerbit Dit. Jend. Bina Marga DPU, Jakarta.
9. Saranaraya Reka Cipta, P.T., 1992, "Custom Fibers CF-31500", Jakarta.
10. Silvia Sukirman, 1992; "Perkerasan Lentur Jalan Raya", Penerbit Nova, Bandung.
11. Suprpto Totomihardjo, 1995, "Bahan dan Struktur Jalan Raya", Biro Penerbit KMTS UGM, Yogyakarta.



# UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

## FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

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

Nomor : 427/C.08.03/JTS/XII/96  
Lamp. : -  
Hal : BIMBINGAN TUGAS AKHIR.

Yogyakarta. 16 Des 1996

Kepada Yth. :  
Bapak *Ir. H. Wardhani S., MSc*  
di -  
**YOGYAKARTA.**

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Dengan ini kami mohon dengan hormat kepada Bapak / Ibu agar mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan tersebut dibawah ini :

1. Nama : **M. Burhanudin**  
No. Mhs. : **88 310 163**  
N.I.R.M. : **88 5014330145**  
Bidang Studi : **Transportasi**  
Tahun Akademi : **1996-1997**
2. Nama : **Enur Mutakin**  
No. Mhs. : **88 310 177**  
N.I.R.M. : **88 5014330 155**  
Bidang Studi : **Transportasi**  
Tahun Akademi : **1996-1997**

Dapat diberikan petunjuk - petunjuk, pengarahan serta bimbingan dalam melaksanakan Tugas Akhir. Kedua mahasiswa tersebut merupakan satu kelompok, dengan dosen Pembimbing abb. :

Dosen Pembimbing I : **Ir. H. Wardhani S., MSc**  
Dosen Pembimbing II : **Ir. Subarkah, MT**

Dengan mengambil topik:

**Pengaruh Penggunaan Sement Portland dan Batu Andesit sbg Filler thd Perilaku Campuran SMA.**

Demikian atas bantuan serta kerjasamanya diucapkan terima kasih.

Waassalamu'alaikum Wr.Wb.



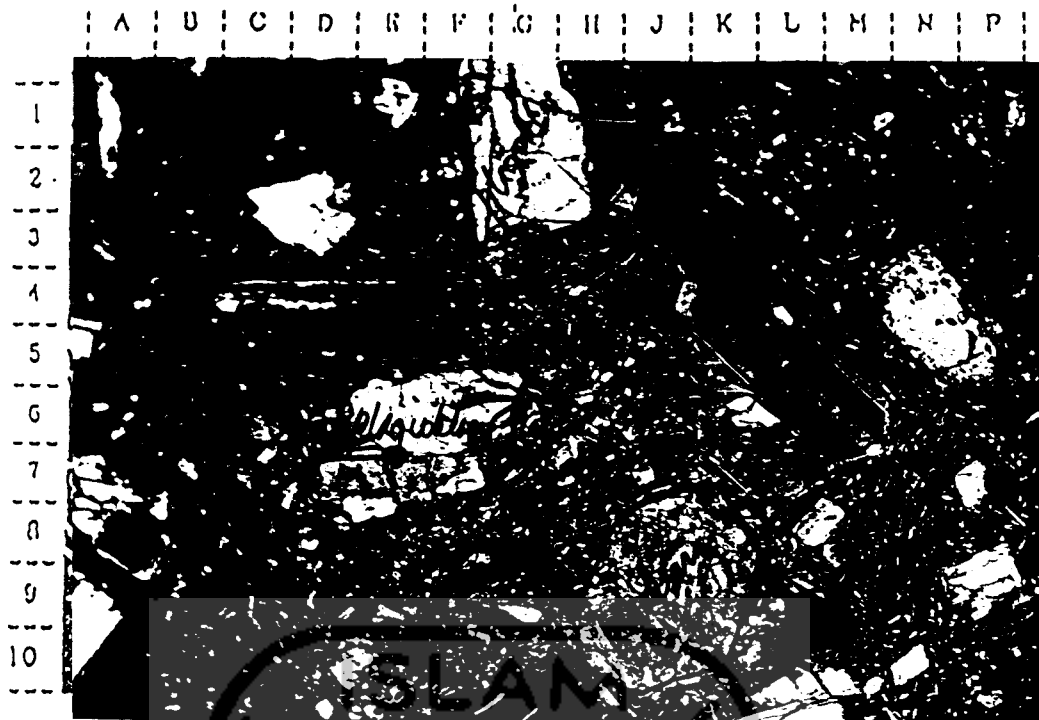
Departemen Teknik Sipil.

**BAMBANG SULISTIONO, MSCE.)**

Tembusan Kepada Yth. :  
- Mahasiswa ybs.  
- Arsip.







No. Contoh :

Posisi : Nikol Silang

Perbesaran : 40 X

**Kenampakan mikroskopis :**

Batuan tipis batuan beku, tekstur hypokristalin porfiritik, ukuran butir (0,2-1,5)mm, bentuk anhedral-subhedral, fenokris terdiri dari plagioklas, piroksen, mineral opak, tertanam dalam masadasar mikrolit plagioklas, piroksen dan gelas vulkanik. Batuan masih dalam keadaan segar ditunjukkan oleh komposisi mineral penyusun masih segar (belum mengalami alterasi).

**Pemerian :**

Fenokris (65%)

Plagioklas (45%): Tidak berwarna-putih abu-abu, hadir sebagai fenokris dan masadasar, berukuran (0,2-1,5) mm, anhedral - subhedral, kembaran albit, sudut penggelapan 24, jenis Andesin An 44.

Piroksen (15%) : Warna kuning pucat, hadir sebagai fenokris, (0,2-0,9)mm, subhedral, prismatic, relief tinggi, warna interferensi kuning kemerahan orde II, jenis Augit.

Mineral Opak (5%) : Warna hitam, kedap cahaya, ukuran (0,2-0,3)mm, sebagian merupakan inklusi pada piroksen dan plagioklas.

Masadasar (35%)

Gelas (20%) : Tidak berwarna, isotropis, sebagai masadasar bersama mikrolit plagioklas dan piroksen, nikol silang berwarna gelap.

Mikrolit (15%) : Warna putih abu-abu dan kuning pucat, berupa mikrolit plagioklas, warna interferensi putih abu-abu orde I.

Nama Batuan : Andesit piroksen (William, 1954)



**KARTU PESERTA TUGAS AKHIR**

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1.	M. Furbanudin	88310183		Transportasi
2.	Enur Mutakin	88310177		Transportasi

Dosen Pembimbing I : Ir. H. Wardhani S., MSc  
 Dosen Pembimbing II : Ir. Subarkah, MT



Yogyakarta, 16 Desember 1998  
 Ir. Subarkah, MT  
 Jurusan Teknik Sipil.  
 H. Wardhani S., MSc

**CATATAN - KONSULTASI**

No.	Tanggal	Konsultasi ke:	KETERANGAN	Paraf
1	3/6 97	-	- Yang dibawanya PC & BT Aardent & Staff modulus Sampel 1 dan 2 dirata - Analisis pengaruh 2 filter untuk kedua jenis PC & BT Aardent	A
2	13/8 97	-	- Perincian tulisan - Sempurnakan analisis, kesimpulan & saran - Perbaiki Daftar Isi - Indeks ditambahkan - sesuai dg judul	A
	20/8 97	-	Perbaikan sesuai petunjuk	A



**PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT (ABRASI TEST)**

**AASTHO T 96 – 77**

Contoh dari : Bukit Cibanjuran, Tasikmalaya, Jabar

Dikerjakan Oleh :

Jenis Contoh : Agregat kasar Batu Andesit

1. M. Burhanudin (88 310 163)

Diuji Tgl. : 25 Maret 1997

2. Nur Mutakin (88 310 177)

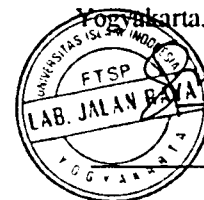
Untuk Proyek : Tugas Akhir Mahasiswa

Diperiksa Oleh :

Sukamto

SARINGAN		BENDA UJI	
JENIS GRADASI		I	II
LOLOS	TERTAHAN		
72,2 mm (3,0")	63,5 mm (2,5")		
63,5 mm (2,5")	50,8 mm (2,0")		
50,8 mm (2,0")	37,5 mm (1,5")		
37,5 mm (1,5")	25,4 mm (1,0")		
25,4 mm (1,0")	19,0 mm (3/4")		
19,0 mm (3/4")	12,5 mm (0,5")	2500 gr	
12,5 mm (0,5")	9,50 mm (3/8")	2500 gr	
9,50 mm (3/8")	6,30 mm (1/2")		
6,30 mm (1/2")	4,75 mm (No. 4)		
4,75 mm (No. 4)	2,36 mm (No. 8)		
Jumlah benda uji (A)		5000 gr	
Jumlah tertahan di sieve 12 (B)		3158 gr	
$\text{Keausan} = \frac{(A - B)}{A} \times 100 \%$		36,84 %	

Yogyakarta, 25 Maret 1997





**PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT HALUS**  
**AASHTO T 84 – 74 ; ASTM C – 128 -68**

Contoh dari : Bukit Cibanjuran Tasikmalaya, Jabar

Jenis Agregat : Agregat halus batu Andesit

Diuji Tgl. : 25 Maret 1997

Untuk Proyek : Tugas Akhir Mahasiswa

Dikerjakan Oleh :

1. M. Burhanudin (88 310 163)

2. Nur Mutakin (88 310 177)

Diperiksa Oleh :

Sukamto

KETERANGAN	BENDA UJI	
	I	II
Berat benda uji dalam keadaan basah jenuh (SSD)	500 gr.	
Berat piknometer + air (B)	664 gr.	
Berat piknometer + air + benda uji (BT)	985 gr	
Benda uji kering oven (BK)	493 gr.	
Berat Jenis = $\frac{BK}{(B + 500 - BT)}$	2,7542	
Berat SSD = $\frac{500}{(B + 500 - BT)}$	2,7933	
BJ Semu = $\frac{BK}{(B + BK - BT)}$	5,767	
Berat Jenis = $\frac{(500 - BK)}{BK} \times 100 \%$	1,42 %	

Yogyakarta, 25 Maret 1997



**PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT KASAR**  
**AASHTO T 85 - 81 ; ASTM C - 127 - 77**

Contoh dari : Bukit Cibanjangan Tasikmalaya Jabr Barat  
Jenis Agregat : Batu Andesit  
Diuji Tgl. : 24 Maret 1997  
Untuk Proyek : Tugas Akhir Mahasiswa

Dikerjakan Oleh :  
1. M. Burhanudi (88 310 163)  
2. Nur Mutakin (88 310 177)  
Diperiksa Oleh :  
Sukamto

KETERANGAN	BENDA UJI	
	I	II
Berat benda uji dalam keadaan basah jenuh (SSD) ⇒ (BJ)	1583 gr.	
Berat benda uji di dalam air ⇒ (BA)	1001 gr.	
Berat benda uji kering oven ⇒ (BK)	1562 gr.	
Berat jenis (Bulk) = $\frac{BK}{(BJ - BA)}$	2,684	
Berat SSD = $\frac{BJ}{(BJ - BA)}$	2,72	
Berat jenis semu = $\frac{BK}{(BK - BA)}$	2,784	
Penyerapan = $\frac{BK}{(BJ - BA)} \times 100\%$	1.344 %	

Yogyakarta, 25 Maret 1997.





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

Contoh dari : Bukit Cibanjangan Tasikmalaya Jawa Barat      Dikerjakan Oleh :  
Jenis Agregat : Agregat halus Batu Andesit                      1. M. Burhanudin                      (88 310 163)  
Diuji Tgl. : 25 Maret 1997    2. Nur Mutakin                        (88 310 177)  
Untuk Proyek : Tugas Akhir Mahasiswa                      Diperiksa Oleh :  
Sukamto

TRIAL NUMBER		1	2	3
Seaking (10,1 min)	Start	10,55	11,00	
	Stop	11,05	11,10	
Sedimentation Time (20 Min - 15 Sec)	Start	11,20	11,25	
	Stop	11,40	11,45	
Clay Reading		4,3	4,35	
Sand Reading		4,0	4,0	
SE = $\frac{\text{Sand Reading}}{\text{Clay Reading}} \times 100 \%$		93,023 %	91,954 %	
Avarange Sand Equivalent		92,4885 %		
Remark :				
Nilai Sand Equivalent = 92,4885 % > 50 % *) , memenuhi syarat.				
* ) Sumber : Laston, SKBI 2.4.26.1987, UDC : 625.75(02), halaman 5				

Yogyakarta, 25 Maret 1997



**PEMERIKSAAN KELEKATAN AGREGAT TERHADAP ASPAL**  
**AASTHO T - 182**

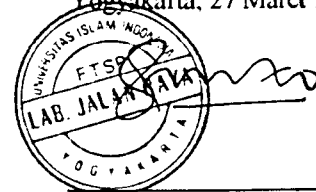
Contoh dari : Bukit Cibanjangan Tasikmalaya Jawa Barat      Dikerjakan Oleh :  
Jenis Agregat : Batu Andesit      1. M. Burhanudin      (88 310 163)  
Diuji Tgl. : 25 - 26 Maret 1997      2. Nur Mutakin      (88 310 177)  
Untuk Proyek : Tugas Akhir Mahasiswa      Diperiksa Oleh :  
Sukamto

PEMANASAN SAMPLE	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU
Mulai Pemanasan	25° C	11.20 WIB
Selesai Pemanasan	140° C	13.25 WIB
Didiamkan pada suhu ruang		
Mulai	140° C	13.30 WIB
Selesai	26° C	14.45 WIB
Diperiksa		
Mulai	26° C	08.35 WIB
Selesai	26° C	08.40 WIB

**HASIL PENGAMATAN**

BENDA UJI	PROSEN YANG DISELIMUTI ASPAL
I	100 %
II	
RATA-RATA	100 %

Yogyakarta, 27 Maret 1997







**PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL**  
**AASHTO T 228 – 68 ; ASTM D – 70 – 72**

Contoh dari : PT. Perwita Karya

Jenis Agregat : AC 60 – 70

Diuji Tgl. : 25 Maret 1997

Untuk Proyek : Tugas Akhir Mahasiswa

Dikerjakan Oleh :

1. M. Burhanudin (88 310 163)

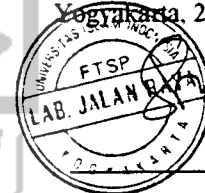
2. Nur Mutakin (88 310 177)

Diperiksa Oleh :

Sukamto

No.	Urutan Pemeriksaan	Berat
1	Berat piknometer kosong	27,40 gr.
2	Berat piknometer + aquadest	77,76 gr.
3	Berat air (2 – 1)	50,36 gr.
4	Berat piknometer + aspal	29,43 gr.
5	Berat aspal (4 – 1)	2,03 gr.
6	Berat piknometer + aspal + aquadest	77,84 gr.
7	Berat airnya saja (6 – 4)	48,41 gr.
8	Volume aspal (3 – 7)	1,95 cc.
9	Berat jenis aspal = berat / volume ( 5/8 )	1,041

Yogyakarta, 25 Maret 1997





**PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL**  
**AASHTO T 49-68 ; ASTM D - 5 - 71**

Contoh dari : PT. Perwita Karya  
Jenis Agregat : AC 60 - 70  
Diuji Tgl. : 25 Maret 1997  
Untuk Proyek : Tugas Akhir Mahasiswa

Dikerjakan Oleh :  
1. M. Burhanudin (88 310 163)  
2. Nur Mutakin (88 310 177)  
Diperiksa Oleh :  
Sukamto

PEMANASAN SAMPLE	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU
MULAI PEMANASAN	25 <sup>0</sup> C	10.55 WIB
SELESAI PEMANASAN	100 <sup>0</sup> C	11.10 WIB
DIDIAMKAN PADA SUHU 25 <sup>0</sup> C		
MULAI	100 <sup>0</sup> C	11.10 WIB
SELESAI	28 <sup>0</sup> C	13.10 WIB
DIRENDAM AIR DENGAN SUHU 25 <sup>0</sup> C		
MULAI	28 <sup>0</sup> C	13.10 WIB
SELESAI	25 <sup>0</sup> C	14.10 WIB
DIPERIKSA		
MULAI	25 <sup>0</sup> C	14.10 WIB
SELESAI	25 <sup>0</sup> C	14.25 WIB

**HASIL PENGAMATAN**

No.	CAWAN (I)	CAWAN (II)	SKET HASIL PEMERIKSAAN
1	63	61	 I                      II
2	61	61	
3	61	62	
4	65	63	
5	62	64	

Yogyakarta, 26 Maret 1997  
  
Sukamto

Lampiran 11



**PEMERIKSAAN TITIK NYALA DAN TITIK BAKAR ASPAL**

**AASHTO T 48 – 74 ; ASTM D 92 – 52**

Contoh dari : PT. Perwita Karya  
Jenis Agregat : AC 60 – 70  
Diuji Tgl. : 26Maret 1997  
Untuk Proyek : Tugas Akhir Mahasiswa

Dikerjakan Oleh :  
1. M. Burhanudin (88 310 163)  
2. Nur Mutakin (88 310 177)  
Diperiksa Oleh :  
Sukamto

PEMANASAN SAMPLE	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU
MULAI PEMANASAN	27 <sup>o</sup> C	11.00 WIB
SELESAI PEMANASAN	90 <sup>o</sup> C	11.15 WIB
DIDIAMKAN PADA SUHU RUANG		
MULAI	-	
SELESAI	-	
DIPERIKSA		
MULAI	90 <sup>o</sup> C	11.20 WIB
SELESAI	350 <sup>o</sup> C	11.47 WIB

**HASIL PENGAMATAN**

CAWAN	TITIK NYALA	TITIK BAKAR
I	335 <sup>o</sup> C	350 <sup>o</sup> C
II		
RATA-RATA		

Yogyakarta, 26 Maret 1997



**PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPAL**

**AASHTO 53 – 74 ; ASTM D 36-70**

Contoh dari : PT. Perwita Karya  
Jenis Agregat : AC 60 – 70  
Diuji Tgl. : 26 Maret 1997  
Untuk Proyek : Tugas Akhir Mahasiswa

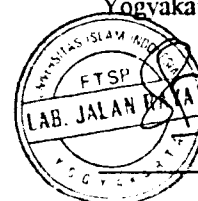
Dikerjakan Oleh :  
1. M. Burhanudin (88 310 163)  
2. Nur Mutakin (88 310 177)  
Diperiksa Oleh :  
Sukamto

PEMANASAN SAMPLE	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU
MULAI PEMANASAN	27 <sup>o</sup> C	10.30 WIB
SELESAI PEMANASAN	90 <sup>o</sup> C	10.45 WIB
DIDIAMKAN PADA SUHU RUANG		
MULAI	90 <sup>o</sup> C	10.50 WIB
SELESAI	27 <sup>o</sup> C	11.50 WIB
DIPERIKSA		
MULAI	5 <sup>o</sup> C	14.18 WIB
SELESAI	50 <sup>o</sup> C	14.35 WIB

**HASIL PENGAMATAN**

No.	SUHU YANG DIAMATI	WAKTU (DETIK)		TITIK LEMBEK	
		I	II	I	II
1	5	0	0	51 <sup>o</sup> C	52 <sup>o</sup> C
2	10	69	69		
3	15	50,9	150,5		
4	20	51	51		
5	25	75	75		
6	30	86	86		
7	35	60,05	60,05		
8	40	59	59		
9	45	61,5	61,5		
10	50	65	65		
11	55	20	35		

Yogyakarta, 26 Maret 1997



Lampiran 13



**PEMERIKSAAN DAKTILITAS (DUCTILITY) / RESIDUE**

**AASHTO T 51 – 74 ; ASTM D 113 - 69**

Contoh dari : PT. Perwita Karya  
Jenis Agregat : AC 60 – 70  
Diuji Tgl. : 25Maret 1997  
Untuk Proyek : Tugas Akhir Mahasiswa

Dikerjakan Oleh :  
1. M. Burhanudin (88 310 163)  
2. Nur Mutakin (88 310 177)  
Diperiksa Oleh :  
Sukamto

Persiapan benda uji	Contoh dipanaskan	15 menit	Pembacaan suhu oven $\pm$ 135 <sup>0</sup> C
Mendinginkan benda uji	Didiamkan pada suhu ruang	60 menit	Jam 13.35 s.d 14 35
Perendaman benda uji	Direndam pada suhu dalam Water Bath pada suhu 25 <sup>0</sup> C	30 menit	Jam 14.35 s.d 15.05 Pembacaan suhu Water Bath + 25 <sup>0</sup> C
Pemeiksaan	Daktilitas pd 25 <sup>0</sup> C 5 cm per menit	20 menit	Pembacaan suhu alat + 25 <sup>0</sup> C

DAKTILITAS pada suhu 25 <sup>0</sup> C 5 menit per menit	Pembacaan pengukur pada alat
Pengamatan I	> 165 cm
Pengamatan II	> 165 cm
Rata-rata (I + II)	> 165 cm

Yogyakarta, 26 Maret 1997





**PEMERIKSAAN KELARUTAN DALAM CCl<sub>4</sub> (SOLUBILITY)**

**AASHTO T 44 – 70 ; ASTM D 165 – 42**

Contoh dari : PT. Perwita Karya

Jenis Agregat : AC 60 – 70

Diuji Tgl. : 25 Maret 1997

Untuk Proyek : Tugas Akhir Mahasiswa

Dikerjakan Oleh :

1. M. Burhanudin (88 310 163)

2. Nur Mutakin (88 310 177)

Diperiksa Oleh :

Sukamto

Pembukaan contoh	<u>DIPANASKAN</u>	Pembacaan Waktu	Pembacaan Suhu
	Mulai jam		
	Selesai jam		
<u>PEMERIKSAAN</u>			
1. Penimbangan	Mulai jam	09.45	
2. Pelarutan	Mulai jam	10.15	25 <sup>o</sup> C
3. Penyaringan	Mulai jam	12.20	
	Selesai jam	12.30	
4. Di Oven	Mulai jam	12.32	30 <sup>o</sup> C
5. Penimbangan	Selesai jam		

1. Berat botol Erlenmeyer kosong	= 74.32 gr.
2. Bert erlenmeyer + aspal	= 76.58 gr.
3. Berat aspal (2 – 1)	= 2.26 gr.
4. Berat kertas saring bersih	= 0.55 gr.
5. Berat kertas saring + endapan	= 0.57gr.
6. Berat endapannya saja (5 – 4)	= 0.02 gr.
7. Persentase endapan (6/3 x 100 %)	= 0.885 gr
8. Bitumen yang larut (100 % - 7)	= 99.115 %

Yogyakarta, 25 Maret 1997



Lampiran 15



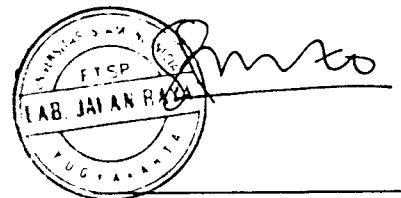
Contoh dari: Batu Andesit, dari penambangan Bukit Dikerjakan Oleh :  
Cibanjuran, Mangkubumi, Tasikmalaya, Jawa 1. M. Buhanudi (88 310 163)  
Barat, oleh PT. Ciomas Tasikmalaya 2. Nur Mutakin (88 310 177)  
Jenis Agregat : Agregat Kasar & Agregat Halus Diperiksa Oleh :  
Pekerjaan : Analisa Saringan untuk Kadar Aspal 6.2 % Sukamto  
Dikerjakan Tgl.: 27 Maret 1997  
Untuk Proyek : Tugas Akhir Mahasiswa

**ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS**

No. SARINGAN		BERAT TERTAHAN		JUMLAH PERSEN (%)		SPESIFIKASI	
mm	inci	tertahan	jumlah	tertahan	Lolos	minimum	maksimum
12.70	½	0	0	0	100	100	100
11.20	7/16	56.1	56.1	5	95	90	100
8.00	5/16	364.60	420.750	32.5	62.5	50	75
5.00	No. 4	252.45	673.20	22.5	40	30	50
2.00	No. 10	168.30	841.50	15	25	20	30
0.71	No. 25	67.32	908.820	6	19	13	25
0.25	No. 60	44.88	953.70	4	15	10	20
0.029	No. 170	50.49	1004.19	4.5	10.5	8	13
PAN	-	117.81	1122	10.5	-	-	-

Berat aspal :  $6,2\% \times 1200 \text{ gr.} = 74,4 \text{ gr.}$   
Berat serat selulosa :  $0,3\% \times 1200 \text{ gr.} = 3,6 \text{ gr.}$   
Berat agregat total :  $= 1122,0 \text{ gr.}$   
Berat benda uji = 1200,0 gr.

Yogyakarta, 27 Maret 1997





Contoh dari : Batu Andesit, hasil dari penambangan Bukit  
Cibanjuran, Mangkubumi, Tasikmalaya, Jawa  
Barat oleh PT. Sinar Ciomas Tasikmalaya

Dikerjakan Oleh :

1. M. Burahanudin (88 310 163)

2. Nur Mutakin (88 310 177)

Jenis Agregat : Agregat Kasar & Agregat Halus

Diperiksa Oleh :

Pekerjaan : Analisa Saringan untuk Kadar Aspal 6.5 %

Sukamto

Dikerjakan Tgl.: 27 Maret 1997

Untuk Proyek : Tugas Akhir Mahasiswa

### ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

No. SARINGAN		BERAT TERTAHAN		JUMLAH PERSEN (%)		SPESIFIKASI	
mm	inci	tertahan	jumlah	tertahan	lolos	minimum	maksimum
12.70	½	0	0	0	100	100	100
11.20	7/16	55.92	55.92	5	95	90	100
8.00	5/16	363.48	419.40	32.5	62.5	50	75
5.00	No. 4	251.64	671.06	22.5	40	30	50
2.00	No. 10	167.76	838.80	15	25	20	30
0.71	No. 25	67.104	905.904	6	19	13	25
0.25	No. 60	44.736	950.64	4	15	10	20
0.029	No. 170	50.328	1000.968	4.5	10.5	8	13
PAN	-	117.432	1118.4	10.5	-	-	-

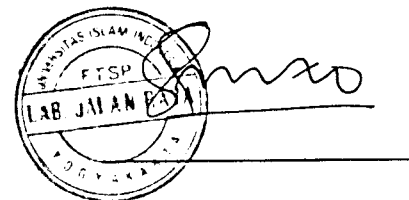
Berat aspal :  $6,5 \% \times 1200 \text{ gr.} = 78,0 \text{ gr.}$

Berat serat selulosa :  $0,3 \% \times 1200 \text{ gr.} = 3,6 \text{ gr.}$

Berat agregat total :  $= 1118,4 \text{ gr.}$

Berat benda uji = 1200,0 gr.

Yogyakarta, 27 Maret 1997







Contoh dari : Batu Andesit Hasil dari penambangan Bukit  
Cibanjuran Tasikmalaya Jawa Barat oleh PT  
Sinar Ciomas Tasikmalaya.

Dikerjakan Oleh :  
1. M. Burhanudin (88 310 163)  
2. Nur Mutakin (88 310 177)

Jenis Agregat : Agregat Kasar & Agregat Halus

Diperiksa Oleh :

Pekerjaan : Analisa Saringan untuk Kadar Aspal 6,8 %

Sukamto

Dikerjakan Tgl.: 217Maret 1997

Untuk Proyek : Tugas Akhir Mahasiswa

### ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

No. SARINGAN		BERAT TERTAHAN		JUMLAH PERSEN (%)		SPESIFIKASI	
mm	inci	tertahan	jumlah	tertahan	lolos	minimum	maksimum
12,70	½	0	0	0	100	100	100
11,20	7/16	55,74	55,74	5	95	90	100
8,00	5/16	362,31	418,05	32,5	62,5	50	75
5,00	No. 4	250,83	668,88	22,5	40	30	50
2,00	No. 10	167,22	836,10	15	25	20	30
0,71	No. 25	66,888	902,988	6	19	13	25
0,25	No. 60	44,592	947,58	4	15	10	20
0,029	No. 170	50,166	997,746	4,5	10,5	8	13
PAN	-	117,054	1114,80	10,5	-	-	-

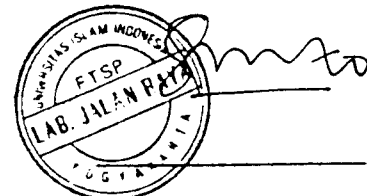
Berat aspal :  $6,8\% \times 1200 \text{ gr.} = 81,6 \text{ gr.}$

Berat serat selulosa :  $0,3\% \times 1200 \text{ gr.} = 3,6 \text{ gr.}$

Berat agregat total :  $\underline{\hspace{2cm}} = 1114,8 \text{ gr.} +$

Berat benda uji = 1200,0 gr.

Yogyakarta, 27 Maret 1997





Contoh dari : Batu Andesit dari hasil penambangan Bukit  
Cibanjuran Tasikmalaya Jawa Barat oleh PT.  
Sinar Ciomas Tasikmalaya.

Dikerjakan Oleh :  
1. M. Burhanudin (88 310 163)  
2. Nur Mutakin (88 310 177)

Jenis Agregat : Agregat Kasar & Agregat Halus

Diperiksa Oleh :

Pekerjaan : Analisa Saringan untuk Kadar Aspal 7,1 %

Sukamto

Dikerjakan Tgl.: 27 Maret 1997

Untuk Proyek : Tugas Akhir Mahasiswa

**ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS**

No. SARINGAN		BERAT TERTAHAN		JUMLAH PERSEN (%)		SPESIFIKASI	
mm	inci	tertahan	jumlah	tertahan	lolos	minimum	maksimum
12.70	½	0	0	0	100	100	100
11.20	7/16	55.56	55.56	5	95	90	100
8,00	5/16	361.14	416.70	32.5	62.5	50	75
5,00	No. 4	250.02	666.72	22.5	40	30	50
2,00	No. 10	166.68	833.40	15	25	20	30
0,71	No. 25	66.672	900.072	6	19	13	25
0,25	No. 60	44.448	944.52	4	15	10	20
0,029	No. 170	50.004	994.524	4.5	10.5	8	13
PAN	-	116.676	1111.20	10.5	-	-	-

Berat aspal :  $7,1\% \times 1200 \text{ gr.} = 85,2 \text{ gr.}$

Berat serat selulosa :  $0,3\% \times 1200 \text{ gr.} = 3,6 \text{ gr.}$

Berat agregat total :  $= 1111,2 \text{ gr.}$  +

Berat benda uji = 1200,0 gr.

Yogyakarta, 27 Maret 1997





Contoh dari : Batu Andesit, hasil dari penambangan Bukit  
Cibanjuran, Tasikmalaya, oleh PT. Sinar  
Ciomas Tasikmalaya Jawa Barat.

Dikerjakan Oleh :

1.M. Burhanudin (88 310 163)

2.Nur Mutakin (88 310 177)

Jenis Agregat : Agregat Kasar & Agregat Halus

Diperiksa Oleh :

Pekerjaan : Analisa Saringan untuk Filler Batu Andesit 5%

Sukanto

Dikerjakan Tgl.: 27 Maret 1997

Untuk Proyek : Tugas Akhir Mahasiswa

### ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

No. SARINGAN		BERAT TERTAHAN		JUMLAH PERSEN (%)		SPESIFIKASI	
mm	inci	tertahan	jumlah	tertahan	lolos	minimum	maksimum
12.70	½	0	0	0	100	100	100
11.20	7/16	55,983	55,983	5	95	90	100
8,00	5/16	363,890	419,873	32,5	62,5	50	75
5,00	No. 4	251,924	671,797	22,5	40	30	50
2,00	No. 10	167,949	839,746	15,0	25	20	30
0,71	No. 25	67,180	906,926	6,0	19	13	25
0,25	No. 60	44,860	951,712	4,0	15	10	20
0,029	No. 170	50,385	1002,097	4,5	10,5	8	13
0,075	No. 200	61,581	1063,678	5,5	-	Filler Andesit	
PAN	-	55,983	1119,66	5,0	-	Filler Andesit	

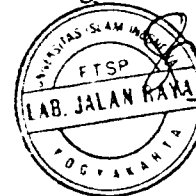
Berat aspal :  $6,395\% \times 1200 \text{ gr.} = 76,74 \text{ gr.}$

Berat serat selulosa :  $0,3\% \times 1200 \text{ gr.} = 3,60 \text{ gr.}$

Berat agregat total :  $= 1119,66 \text{ gr.}$

Berat benda uji =  $1200,0 \text{ gr.}$

Yogyakarta, 27 Maret 1997



Lampiran 20



Contoh dari : Batu Andesit, hasil dari penambangan Bukit  
Cibanjuran, Tasikmalaya. oleh PT. Sinar  
Ciomas Tasikmalaya Jawa Barat.

Dikerjakan Oleh :

1. Burhanudin (88 310 163)
2. Nur Mutakin (88 310 177)

Jenis Agregat : Agregat Kasar & Agregat Halus

Diperiksa Oleh :

Pekerjaan : Analisa Saringan untuk Filler Batu Andesit 7%

Sukamto

Dikerjakan Tgl.: 27 Maret 1997

Untuk Proyek : Tugas Akhir Mahasiswa

### ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

No. SARINGAN		BERAT TERTAHAN		JUMLAH PERSEN (%)		SPESIFIKASI	
mm	inci	tertahan	jumlah	tertahan	lolos	Minimum	maksimum
12,70	½	0	0	0	100	100	100
11,20	7/16	55,983	55,983	5	95	90	100
8,00	5/16	363,890	419,873	32,5	62,5	50	75
5,00	No. 4	251,924	671,797	22,5	40	30	50
2,00	No. 10	167,949	839,746	15,0	25	20	30
0,71	No. 25	67,180	906,926	6,0	19	13	25
0,25	No. 60	44,860	951,712	4,0	15	10	20
0,029	No. 170	50,385	1002,097	4,5	10,5	8	13
0,075	No. 200	39,188	1041,285	3,5	-	Filler Andesit	
PAN	-	78,376	1119,66	7,0	-	Filler Andesit	

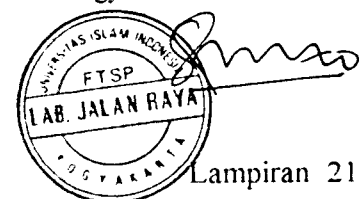
Berat aspal :  $6,395\% \times 1200 \text{ gr.} = 76,74 \text{ gr.}$

Berat serat selulosa :  $0,3\% \times 1200 \text{ gr.} = 3,60 \text{ gr.}$

Berat agregat total :  $= 1119,66 \text{ gr.}$

Berat benda uji  $= 1200,0 \text{ gr.}$

Yogyakarta, 27 Maret 1997



Lampiran 21



Contoh dari : Batu Andesit, hasil dari penambangan Bukit  
Cibanjuran, Tasikmalaya, oleh PT. Sinar  
Ciomas Tasikmalaya Jawa Barat.

Dikerjakan Oleh :

1. M. Burhanudin (88 310 163)
2. Nur Mutakin (88 310 177)

Jenis Agregat : Agregat Kasar & Agregat Halus

Diperiksa Oleh :

Pekerjaan : Analisa Saringan untuk Filler Batu Andesit 9%

Sukamto

Dikerjakan Tgl.: 27 Maret 1997

Untuk Proyek : Tugas Akhir Mahasiswa

### ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

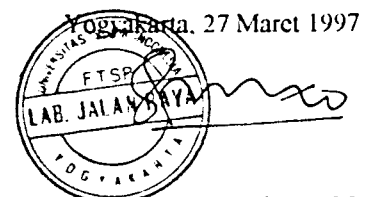
No. SARINGAN		BERAT TERTAHAN		JUMLAH PERSEN (%)		SPESIFIKASI	
mm	inci	tertahan	jumlah	tertahan	lolos	Minimum	maksimum
12,70	½	0	0	0	100	100	100
11,20	7/16	55.983	55.983	5	95	90	100
8,00	5/16	363.890	419.873	32,5	62,5	50	75
5,00	No. 4	251.924	671.797	22,5	40	30	50
2,00	No. 10	167.949	839.746	15,0	25	20	30
0,71	No. 25	67.180	906.926	6,0	19	13	25
0,25	No. 60	44.860	951.712	4,0	15	10	20
0,029	No. 170	50.385	1002.097	4,5	10,5	8	13
0,075	No. 200	16.795	1018.892	1,5	-	Filler Andesit	
PAN	-	100.770	1119.66	9,0	-	Filler Andesi	

Berat aspal :  $6,395 \% \times 1200 \text{ gr.} = 76,74 \text{ gr.}$

Berat serat selulosa :  $0,3 \% \times 1200 \text{ gr.} = 3,60 \text{ gr.}$

Berat agregat total :  $= 1119,66 \text{ gr}$

Berat benda uji =  $1200,0 \text{ gr.}$





Contoh dari : Batu Andesit, hasil dari penambangan Bukit  
Cibanjuran, Tasikmalaya, oleh PT. Sinar  
Ciomas Tasikmalaya Jawa Barat.

Dikerjakan Oleh :

1. M. Burhanudin (88 310 163)  
2. Nur Mutakin (88 310 177)

Jenis Agregat : Agregat Kasar & Agregat Halus

Diperiksa Oleh :

Pekerjaan : Analisa Saringan untuk Filler Semen 5%

Sukamto

Dikerjakan Tgl.: 27 Maret 1997

Untuk Proyek : Tugas Akhir Mahasiswa

**ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS**

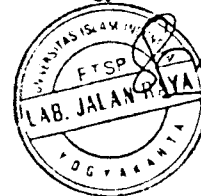
No. SARINGAN		BERAT TERTAHAN		JUMLAH PERSEN (%)		SPESIFIKASI	
mm	inci	tertahan	jumlah	tertahan	lolos	Minimum	maksimum
12,70	½	0	0	0	100	100	100
11,20	7/16	55,983	55,983	5	95	90	100
8,00	5/16	363,890	419,873	32,5	62,5	50	75
5,00	No. 4	251,924	671,797	22,5	40	30	50
2,00	No. 10	167,949	839,746	15,0	25	20	30
0,71	No. 25	67,180	906,926	6,0	19	13	25
0,25	No. 60	44,860	951,712	4,0	15	10	20
0,029	No. 170	50,385	1002,097	4,5	10,5	8	13
0,075	No. 200	61,581	1063,678	5,5	-	Filler Andesit	
PAN	-	55,983	1119,66	5,0	-	Filler Semen	

Berat aspal :  $6,395\% \times 1200 \text{ gr.} = 76,74 \text{ gr.}$

Berat serat selulosa :  $0,3\% \times 1200 \text{ gr.} = 3,60 \text{ gr.}$

Berat agregat total :  $= 1119,66 \text{ gr.}$   
Berat benda uji =  $1200,0 \text{ gr.}$

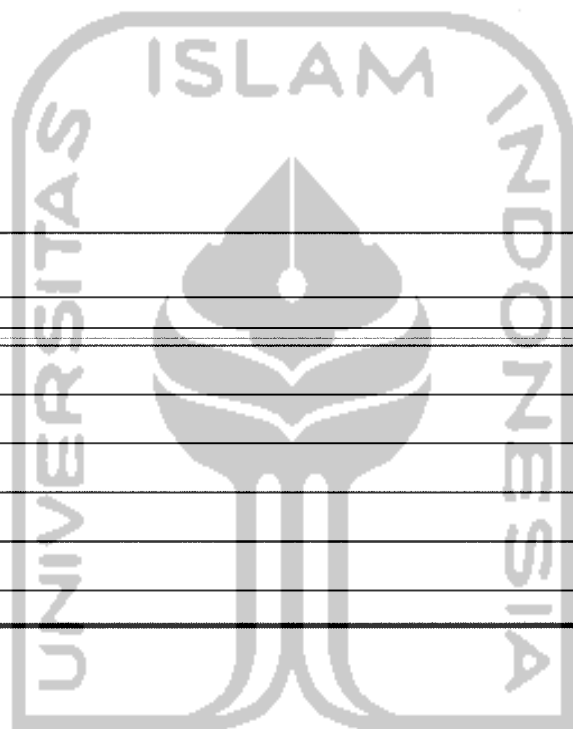
Yogyakarta, 27 Maret 1997



Lampiran 23

(88 310 163)

(88 310 177)



rum

الجامعة الإسلامية  
الاندونيسية



**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII**  
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp.895042 & 895707 Fax. 95330 Yogyakarta 55584

Contoh dari : Batu Andesit, hasil dari penambangan Bukit  
Cibanjuran, Tasikmalaya, oleh PT. Sinar  
Ciomas Tasikmalaya Jawa Barat.

Dikerjakan Oleh :

1. M. Burhanudin (88 310 163)
2. Nur Mutakin (88 310 177)

Jenis Agregat : Agregat Kasar & Agregat Halus

Diperiksa Oleh :

Pekerjaan : Analisa Saringan untuk Filler Semen 7%

Sukanto

Dikerjakan Tgl.: 27 Maret 1997

Untuk Proyek : Tugas Akhir Mahasiswa

**ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS**

No. SARINGAN		BERAT TERTAHAN		JUMLAH PERSEN (%)		SPESIFIKASI	
mm	inci	tertahan	jumlah	tertahan	lolos	Minimum	maksimum
12,70	½	0	0	0	100	100	100
11,20	7/16	55,983	55,983	5	95	90	100
8,00	5/16	363,890	419,873	32,5	62,5	50	75
5,00	No. 4	251,924	671,797	22,5	40	30	50
2,00	No. 10	167,949	839,746	15,0	25	20	30
0,71	No. 25	67,180	906,926	6,0	19	13	25
0,25	No. 60	44,860	951,712	4,0	15	10	20
0,029	No. 170	50,385	1002,097	4,5	10,5	8	13
0,075	No. 200	39,188	1041,285	3,5	-	Filler Andesit	
PAN	-	78,376	1119,66	7,0	-	Filler Semen	

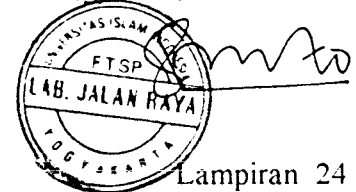
Berat aspal :  $6,395 \% \times 1200 \text{ gr.} = 76,74 \text{ gr.}$

Berat serat selulosa :  $0,3 \% \times 1200 \text{ gr.} = 3,60 \text{ gr.}$

Berat agregat total :  $= 1119,66 \text{ gr.}$

Berat benda uji  $= 1200,0 \text{ gr.}$

Yogyakarta, 27 Maret 1997



Lampiran 24





Contoh dari : Batu Andesit, hasil dari penambangan Bukit  
Cibanjuran, Tasikmalaya, oleh PT. Sinar  
Ciomas Tasikmalaya Jawa Barat.

Dikerjakan Oleh :

1. M. Burhanudin (88 310 163)
2. Nur Mutakin (88 310 177)

Jenis Agregat : Agregat Kasar & Agregat Halus

Diperiksa Oleh :

Pekerjaan : Analisa Saringan untuk Filler Semen 9%

Sukamto

Dikerjakan Tgl.: 27 Maret 1997

Untuk Proyek : Tugas Akhir Mahasiswa

### ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

No. SARINGAN		BERAT TERTAHAN		JUMLAH PERSEN (%)		SPESIFIKASI	
mm	inci	tertahan	jumlah	tertahan	lolos	Minimum	maksimum
12.70	½	0	0	0	100	100	100
11.20	7/16	55,983	55,983	5	95	90	100
8,00	5/16	363,890	419,873	32,5	62,5	50	75
5,00	No. 4	251,924	671,797	22,5	40	30	50
2,00	No. 10	167,949	839,746	15,0	25	20	30
0,71	No. 25	67,180	906,926	6,0	19	13	25
0,25	No. 60	44,860	951,712	4,0	15	10	20
0,029	No. 170	50,385	1002,097	4,5	10,5	8	13
0,075	No. 200	16,795	1018,892	1,5	-	Filler Andesit	
PAN	-	100,770	1119,66	9,0	-	Filler Semen	

Berat aspal :  $6,395 \% \times 1200 \text{ gr.} = 76,74 \text{ gr.}$

Berat serat selulosa :  $0,3 \% \times 1200 \text{ gr.} = 3,60 \text{ gr.}$

Berat agregat total :  $\underline{\hspace{1cm}} = 1119,66 \text{ gr}$

Berat benda uji =  $1200,0 \text{ gr.}$

Yogyakarta, 27 Maret 1997

Lampiran 25

### Angka korelasi tebal benda uji

Isi benda uji (cm <sup>3</sup> )	Tebal (mm)	Angka koreksi
200-213	25,5	5,56
214-225	27,0	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	57,2	1,19
471-482	58,7	1,14
483-495	60,3	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	0,93
560-573	68,3	0,89
574-585	71,4	0,86
586-598	73,0	0,81
599-610	74,5	0,78
611-625	76,2	0,76

Sumber : Petunjuk Pratikum Jalan Raya

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



Asal material : Batu Andesit, dari penambangan Bukit Cibanjoran Tasikmalaya.  
 Jenis Campuran : Split Mastic Asphalt +Serat Selulosa  
 Di kerjakan Oleh :  
 1. M. Burhanudin (88 310 163)  
 2. Nur Mutakin (88 310 177)

Tanggal : 31 Maret s.d 1 April 1997  
 Dihitung Oleh : M. Burhanudin & Nur Mutakin  
 Diperiksa Oleh : Ir. Subarkah, MT

**HASIL PEMERIKSAAN UJI MARSHAL**

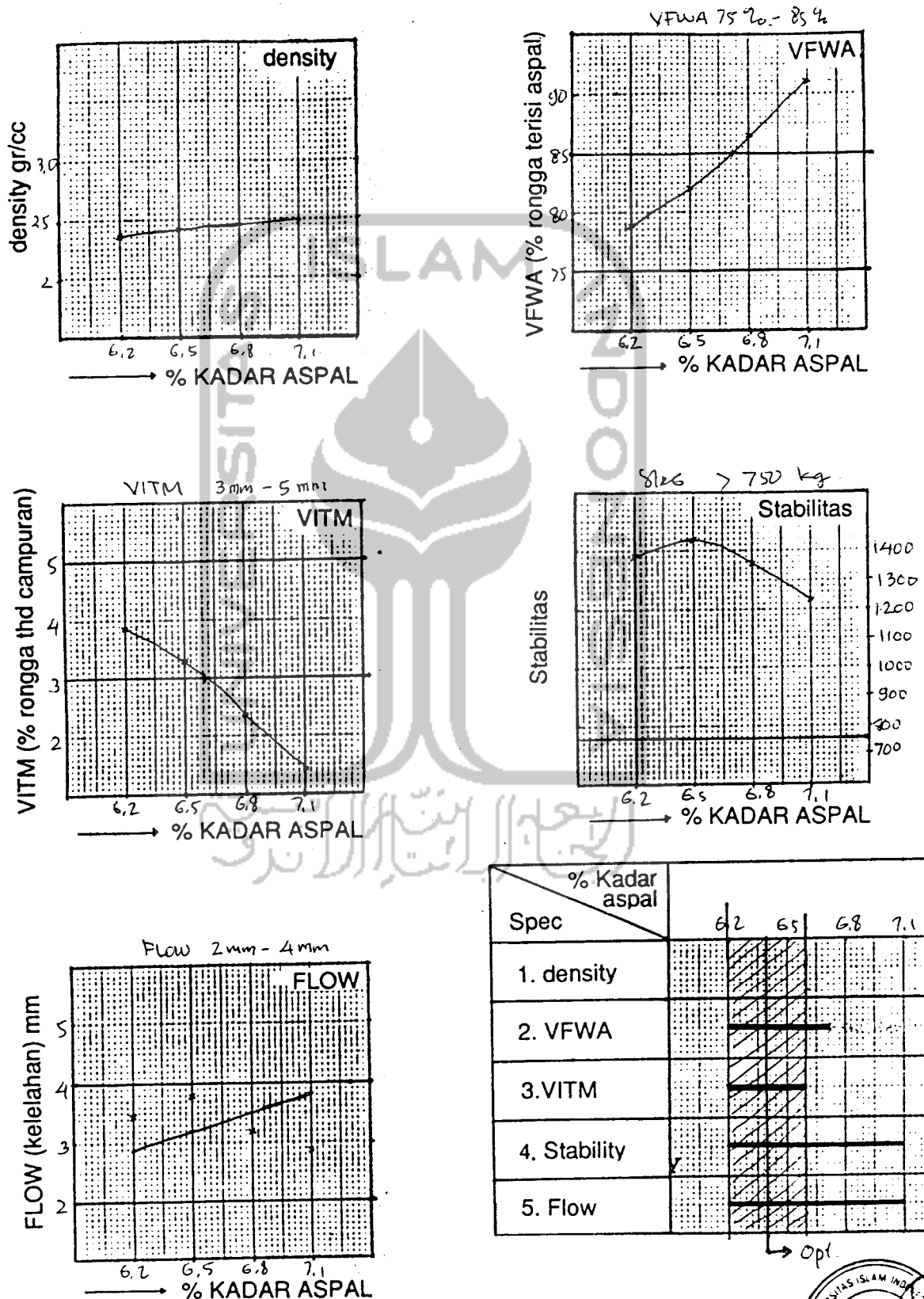
Sample	t (mm)	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	OM
1	63.55	6.610	6.2	1174	1183	687	496	2.3669	2.472	14.097	81.65449	4.24849	18.3455	76.8418	4.24849	404	1440	1422.72	3.556	400.090
2	63.15	6.610	6.2	1171	1177	686	491	2.3849	2.472	14.2042	82.27522	3.5206	17.7248	80.1374	3.5206	413	1472	1355.71	3.810	355.829
3	63.30	6.610	6.2	1172	1179	686	493	2.3773	2.472	14.1586	82.01142	3.82994	17.9886	78.7091	3.82994	392	1395	1397.8	3.048	458.596
<b>Rata-rata</b>	<b>63.3</b>	<b>6.61</b>	<b>6.20</b>	<b>1172</b>	<b>1180</b>	<b>686</b>	<b>493</b>	<b>2.38</b>	<b>2.472</b>	<b>14.15</b>	<b>81.980</b>	<b>3.866</b>	<b>18.02</b>	<b>78.56</b>	<b>3.866</b>	<b>403</b>	<b>1436</b>	<b>1392</b>	<b>3.471</b>	<b>404.84</b>
1	61.30	6.9519	6.5	1173	1181	692	489	2.3988	2.4611	14.9779	82.48815	2.53392	17.5119	85.5302	2.5339	408	1454	1539.79	3.81	404.144
2	64.15	6.9519	6.5	1185	1194	691	503	2.3559	2.4611	14.71	81.01264	4.27735	18.9874	77.4726	4.2774	354	1265	1227.05	3.302	371.608
3	63.2	6.9519	6.5	1181	1188	693	495	2.3859	2.4611	14.8973	82.04405	3.05866	17.9559	82.9658	3.0587	432	1539	1537.46	4.318	356.058
<b>Rata-rata</b>	<b>62.88</b>	<b>6.95</b>	<b>6.50</b>	<b>1179.7</b>	<b>1188</b>	<b>692.0</b>	<b>496</b>	<b>2.38</b>	<b>2.46</b>	<b>14.86</b>	<b>81.85</b>	<b>3.29</b>	<b>18.15</b>	<b>81.99</b>	<b>3.29</b>	<b>398.0</b>	<b>1419</b>	<b>1435</b>	<b>3.81</b>	<b>377.27</b>
1	62.65	7.2961	6.8	1181	1186	693	493	2.3955	2.4504	15.6481	82.11258	2.23934	17.8874	87.4809	2.23934	360	1286	1307.86	3.302	396.081
2	63.4	7.2961	6.8	1175	1181	690	491	2.3931	2.4504	15.632	82.02818	2.33982	17.9718	86.9806	2.33982	396	1412	1402.26	3.302	424.67
3	63.52	7.2961	6.8	1184	1188	692	496	2.3871	2.4504	15.5929	81.82325	2.5838	18.1767	85.7851	2.5838	388	1384	1369.33	3.048	449.255
<b>Rata-rata</b>	<b>63.19</b>	<b>7.30</b>	<b>6.80</b>	<b>1180.0</b>	<b>1185</b>	<b>691.7</b>	<b>493</b>	<b>2.39</b>	<b>2.45</b>	<b>15.62</b>	<b>81.99</b>	<b>2.39</b>	<b>18.01</b>	<b>86.75</b>	<b>2.39</b>	<b>381.3</b>	<b>1361</b>	<b>1360</b>	<b>3.22</b>	<b>423.34</b>
1	62.02	7.6426	7.1	1167	1172	686	486	2.4012	2.4398	16.3773	82.04292	1.57979	17.9571	91.2024	1.57979	306	1097	1136.49	2.54	447.437
2	61.3	7.6426	7.1	1169	1174	690	484	2.4153	2.4398	16.4732	82.52312	1.00372	17.4769	94.2569	1.00372	318	1139	1206.2	2.794	431.711
3	60.87	7.6426	7.1	1157	1168	686	482	2.4004	2.4398	16.3717	82.01491	1.61338	17.9851	91.0293	1.61338	357	1276	1367.87	3.302	414.255
<b>Rata-rata</b>	<b>61.40</b>	<b>7.64</b>	<b>7.10</b>	<b>1164.3</b>	<b>1171</b>	<b>687.3</b>	<b>484</b>	<b>2.41</b>	<b>2.44</b>	<b>16.41</b>	<b>82.19</b>	<b>1.40</b>	<b>17.81</b>	<b>92.16</b>	<b>1.40</b>	<b>327.0</b>	<b>1171</b>	<b>1237</b>	<b>2.88</b>	<b>431.13</b>

t = Tebal benda uji  
 a = % Aspal terhadap batuan  
 b = % Aspal terhadap campuran  
 c = Berat kering (sebelum direndam)  
 d = Berat basah jenuh (SSD) (gr)  
 e = Berat didalam air (gr)  
 f = Volume (isi) d-e  
 g = Berat isi c/f  
 h = B.J Maksimum {100 : (% Agr/Bj Agr + % Asp/Bj. Asp)}

i = (b x g) : Bj Asp  
 j = (100 - b) x g : Bj Agregat  
 k = Jumlah kandungan rongga (100-i-j)  
 l = Rongga terhadap agregat (100 - j)  
 m = Rongga yang terisi aspal (VFVA) 100 x (i/l)  
 n = Rongga terhadap campuran 100 - {100 x (g/h)}  
 o = Pembacaan arloji stabilitas  
 p = o x kalibrasi proving ring  
 q = p x koreksi tebal benda uji (stabilitas)

r = Flow (kelelahan plastis)  
 QM = Quinton Marshal  
 Suhu pencampuran = + 160° C  
 Suhu pemadatan = + 140° C  
 Suhu waterbath = 60° C  
 B.J Aspal = 1.041  
 B.J Agregat = 2.719  
 Diperiksa Oleh :  
 Tanda tangan :  
 JALAN RAYA  
 YOGYAKARTA Lampiran 27

### GRAFIK III :KADAR ASPAL DESIGN



Kadar Aspla Design = 6.395 % (a)

$$\text{Kadar Aspal terhadap Campuran} = \frac{(a)}{100 + a} \times 100 \% = \dots \%$$



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

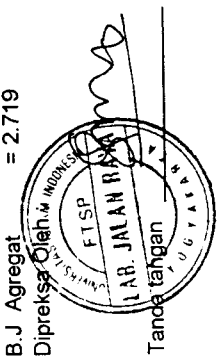
Asal material : Batu Andesit, dari penambangan Bukit Cibanjuran, Mangkubumi Tasikmalaya, Jawa Barat  
 Tanggal : 31 Maret s/d 1 April 1997  
 Jenis Campuran : *Spilt Mastic Asphalt + Serat Setulosa*  
 Dihitung Oleh : M. Burahanudin, Nur Mutakin  
 Diperiksa Oleh : *Ir. Subarkati, MIT*  
 Di kerjakan Oleh : 1. *M. Burahanudin (88 310 163)*  
 2. *Nur Mutakin (88 310 177)*

**HASIL PEMERIKSAAN UJI MARSHALL**

Filler Batu Andesit 5 %

Sample	l (mm)	a	b (Opt.)	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	QM
A-1	63.3	6.8319	6.395	1171	1177	679	498	2.3514	2.4649	14.445	80.9501	4.60491	19.0499	75.8271	4.60491	310	1117	1104.71	4.826	231.455
A-2	64.43	6.8319	6.395	1161	1167	671	496	2.3407	2.4649	14.3794	80.58243	5.03818	19.4176	74.0535	5.03818	308	1104	1051.01	4.572	241.47
Rata-rata	63.865			1166	1172	675	497	2.3461		14.4122	80.76627	4.82154	19.2337	74.940	4.82154			1077.86	4.699	236.462

t = Tebal Benda Uji  
 a = % Aspal terhadap batuan  
 b = % Aspal terhadap Campuran  
 c = Berat kering (sebelum direndam)  
 d = Berat basah jenuh (SSD)  
 e = Berat didalam air  
 f = Volume (isi) d-e  
 g = Berat isi c/f  
 h = B.J Maksimum {100 : (% Agr/Bj Agr + % Asp/Bj. Asp)  
 i = (b x g) : Bj Aspal  
 j = (100 - b) x g : Bj Agregat  
 k = Jumlah kandungan rongga (100-i-j)  
 l = Rongga terhadap agregat (100 - j)  
 m = Rongga yang terisi aspal (VFWA) 100 x (i/l)  
 n = Rongga terhadap campuran 100 - (100 x (g/h))  
 o = Pembacaan arloji stabilitas  
 p = o x kalibrasi proving ring  
 q = p x koreksi tebal benda uji (stabilitas)  
 r = Flow (kelelahan plastis)  
 QM = Quinton Marshal  
 Suhu pencampuran = ± 160° C  
 Suhu pematatan = ± 140° C  
 Suhu waterbath = 60° C  
 B.J Aspal = 1,041  
 B.J Agregat = 2.719  
 Diperiksa Oleh: *M. Burahanudin*





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

Asal material : Batu Andesit, dari penambangan Bukit Cibajaran, Mangkubumi Tasikmalaya, Jawa Barat  
 Jenis Campuran : *Spill Mastic Asphalt + Serat Selulosa*  
 Di kerjakan Oleh : 1. M. Burhanudin (88 310 163)  
 2. Nur Mutakin (88 310 177)

Tanggal : 31 Maret s/d 1 April 1997  
 Dihitung Oleh : M. Burhanudin, Nur Mutakin  
 Diperiksa Oleh : Ir. Subarkah, M/T

**HASIL PEMERIKSAAN UJI MARSHAL**

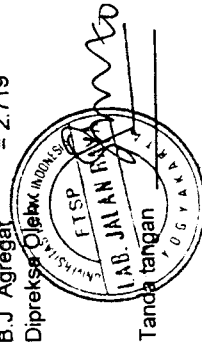
Filler Batu Andesit 7<sup>o</sup>

Sample	t (mm)	a	b (Opt.)	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	QM
A-3	63.53	6.8319	6.395	1180	1187	685	502	2.3506	2.4649	14.44	80.92228	4.63769	19.0777	75.6906	4.63769	314	1125	1104.75	3.810	295.276
A-4	62.25	6.8319	6.395	1183	1189	690	499	2.3707	2.4649	14.5638	81.61576	3.82046	18.3842	79.2188	3.82046	324	1160	1187.84	4.064	285.433
Rata-rata	62.89			1181.5	1188	687.5	500.5	2.3607		14.5019	81.26902	4.22907	18.731	77.4547	4.22907			1146.3	3.937	290.354

t = Tebal Benda Uji  
 a = % Aspal terhadap batuan  
 b = % Aspal terhadap Campuran  
 c = Berat kering (sebelum direndam)  
 d = Berat basah jenuh (SSD)  
 e = Berat didalam air  
 f = Volume (isi) d-e  
 g = Berat isi c/f  
 h = B. J Maksimum {100 : (% Agr/B) Agr + % Asp/Bj. Asp}

i = (b x g) : Bj Asp  
 j = (100 - b) x g : Bj Agregat  
 k = Jumlah kandungan rongga (100-i-j)  
 l = Rongga terhadap agregat (100 - j)  
 m = Rongga yang terisi aspal (VFWA) 100 x (i/l)  
 n = Rongga terhadap campuran 100 - (100 x (g/h))  
 o = Pembacaan arloji stabilitas  
 p = o x kalibrasi proving ring  
 q = p x koreksi tebal benda uji (stabilitas)

r = Flow (kelelahan plastis)  
 QM = Quinton Marshal  
 Suhu pencampuran = + 160° C  
 Suhu pematatan = + 140° C  
 Suhu waterbath = 60° C  
 B. J Aspal = 1,041  
 B. J Agregat = 2.719  
 Diperiksa Oleh



Tanda tangan



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

Asal material : Batu Andesit, dari penambangan Bukit Cibanjuran, Mangkubumi Tasikmalaya, Jawa Barat  
 Jenis Campuran : *Spilt Mastic Asphalt + Serat Selulosa*  
 Di kerjakan Oleh : **I. M. Burhanudin (88 310 163)**  
**2. Nur Mutakin (88 310 177)**

Tanggal : 31 Maret s/d 1 April 1997  
 Dihitung Oleh : M. Burahanudin, Nur Mutakin  
 Diperiksa Oleh : *Ir. Subarkah, MT*

**HASIL PEMERIKSAAN UJI MARSHAL**


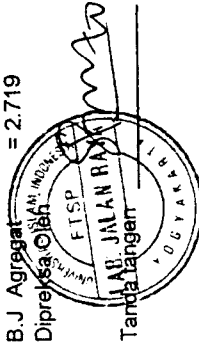
Filler Batu Andesit 9 %

Sample	t (mm)	a	b (Opt.)	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	QM
A-5	64.16	6.8319	6.395	1173	1180	693	487	2.4086	2.4649	14.7965	82.91992	2.28358	17.0801	86.6301	2.28358	334	1195	1148.4	3.048	392.06
A-6	60.01	6.8319	6.395	1163	1169	687	482	2.4129	2.4649	14.8225	83.06585	2.1116	16.9341	87.530	2.1116	353	1262	1321.31	3.81	331.234
Rata-rata	62.085			1168	1174.5	690	484.5	2.4107		14.8095	82.99289	2.1976	17.0071	87.0803	2.1976			1234.85	3.429	361.647

t = Tebal Benda Uji  
 a = % Aspal terhadap batuan  
 b = % Aspal terhadap Campuran  
 c = Berat kering (sebelum direndam)  
 d = Berat basah jenuh (SSD)  
 e = Berat didalam air  
 f = Volume (isi) d-e  
 g = Berat isi c/h  
 h = B. J Maksimum (100 : (% Agr/B) Agr + % Asp/Bj. Asp)

i = (b x g) : Bj Asp  
 j = (100 - b) x g : Bj Agregat  
 k = Jumlah kandungan rongga (100-i-j)  
 l = Rongga terhadap agregat (100 - i)  
 m = Rongga yang terisi aspal (VFWA) 100 x (l/i)  
 n = Rongga terhadap campuran 100 - (100 x (g/h))  
 o = Pembacaan arloji stabilitas  
 p = o x kalibrasi proving ring  
 q = p x koreksi tebal benda uji (stabilitas)

r = Flow (kelelahan plastis)  
 QM = Quinton Marshal  
 Suhu pencampuran = ± 160° C  
 Suhu pematatan = ± 140° C  
 Suhu waterbath = 60° C  
 B. J Aspal = 1,041  
 B. J Agregat = 2.719

Diperiksa Oleh  
  
 Tanda Tangan  




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

Asal material : Batu Andesit, dari penambangan Bukit Cibajaran, Mangkubumi Tasikmalaya, Jawa Barat  
 Jenis Campuran : *Spill Mastic Asphalt + Serat Selulosa*  
 Di kerjakan Oleh : **I. M. Burhanudin (88 310 163)**  
**2. Nur Mutakin (88 310 177)**

Tanggal : 31 Maret s/d 1 April 1997  
 Dihitung Oleh : M. Burahanudin, Nur Mutakin  
 Diperiksa Oleh : *Jr. Subarkah, MT*

**HASIL PEMERIKSAAN UJI MARSHAL**

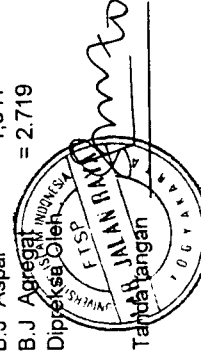
Filler Semen Portland 5 %

Sample	t (mm)	a	b (Opt.)	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	QM
S-1	61.41	6.8319	6.395	1181	1188	693	495	2.3859	2.4649	14.6566	82.13619	3.20717	17.8638	82.0466	3.20717	318	1139	1197.09	4.318	263.78
S-2	62.1	6.8319	6.395	1174	1179	689	490	2.3959	2.4649	14.7184	82.48251	2.7991	17.5175	84.021	2.7991	309	1107	1138	3.81	290.551
Rata-rata	61.755			1177.5	1183.5	691	492.5	2.3909		14.6875	82.30935	3.00311	17.6907	83.034	3.00311			1167.54	4.064	277.165

t = Tebal Benda Uji  
 a = % Aspal terhadap batuan  
 b = % Aspal terhadap Campuran  
 c = Berat kering (sebelum direndam)  
 d = Berat basah jenuh (SSD)  
 e = Berat didalam air  
 f = Volume (isi) d-e  
 g = Berat isi c/f  
 h = B. J Maksimum (100 : (% Agr/Bj Agr + % Asp/Bj. Asp))

i = (b x g) : Bj Asp  
 j = (100 - b) x g : Bj Agregat  
 k = Jumlah kandungan rongga (100-i-j)  
 l = Rongga terhadap agregat (100 - j)  
 m = Rongga yang terisi aspal (VFWA) 100 x (i/l)  
 n = Rongga terhadap campuran 100 - {100 x (g/h)}  
 o = Pembacaan arloji stabilitas  
 p = o x kalibrasi proving ring  
 q = p x koreksi tebal benda uji (stabilitas)

r = Flow (kelelahan plastis)  
 QM = Quinton Marshal  
 Suhu pencampuran = ± 160° C  
 Suhu pematatan = ± 140° C  
 Suhu waterbath = 60° C  
 B. J Aspal = 1,041  
 B. J Agregat = 2.719







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

Asal material : Batu Andesit, dari penambangan Bukit Cibantaran, Mangkubumi Tasikmalaya, Jawa Barat  
 Jenis Campuran : *Spilt Mastic Asphalt + Serat Selulosa*  
 Di kerjakan Oleh : 1. *M. Burhanudin (88 310 163)*  
 2. *Nur Mutakin (88 310 177)*

Tanggal : 31 Maret s/d 1 April 1997  
 Dihitung Oleh : M. Burhanudin, Nur Mutakin  
 Diperiksa Oleh : *Ir. Subarkah, M.T.*

**HASIL PEMERIKSAAN UJI MARSHAL**

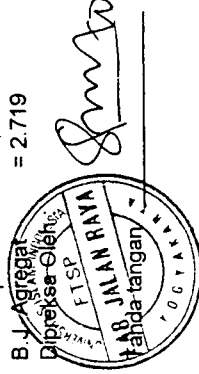
Filler Semen Portland 7 %

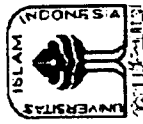
Sample	t (mm)	a	b (Opt.)	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	QM
S-3	61.2	6.8319	6.395	1173	1178	694	484	2.4236	2.4649	14.8882	83.43389	1.6779	16.5661	89.8715	1.6779	326	1167	1234.09	3.556	328.178
S-4	61.15	6.8319	6.395	1170	1174	690	484	2.4174	2.4649	14.8501	83.2205	1.9294	16.7795	88.502	1.9294	357	1276	1352.56	3.81	334.908
Rata-rata	61.175			1171.5	1176	692	484	2.4205		14.8692	83.3272	1.80363	16.6728	89.1866	1.80363			1293.82	3.683	331.543

t = Tebal Benda Uji  
 a = % Aspal terhadap batuan  
 b = % Aspal terhadap Campuran  
 c = Berat kering (sebelum direndam)  
 d = Berat basah Jenuh (SSD)  
 e = Berat didalam air  
 f = Volume (isi) d-e  
 g = Berat isi c/f  
 h = B.J Maksimum {100 : (% Agr/Bj Agr + % Asp/Bj. Asp)

i = (b x g) : Bj Aspal  
 j = (100 - b) x g : Bj Agregat  
 k = Jumlah kandungan rongga (100-i-j)  
 l = Rongga terhadap agregat (100 - j)  
 m = Rongga yang terisi aspal (VFWA) 100 x (l/i)  
 n = Rongga terhadap campuran 100 - (100 x (g/h))  
 o = Pembacaan arloji stabilitas  
 p = o x kalibrasi proving ring  
 q = p x koreksi tebal benda uji (stabilitas)

r = Flow (kelelahan plastis)  
 QM = Quintion Marshal  
 Suhu pencampuran = ± 160° C  
 Suhu pematangan = ± 140° C  
 Suhu waterbath = 60° C  
 B.J Aspal = 1,041  
 B.J Agregat = 2.719





**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII**  
 Jl. Kaliurang Km 14.4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

Tanggal : 31 Maret s/d 1 April 1997  
 Dihitung Oleh : M. Burahanudin, Nur Mutakin  
 Diperiksa Oleh : Ir. Subarkah, MT

Asal material : Batu Andesit, dari penambangan Bukit Cibajaran, Mangkubumi Tasikmalaya, Jawa Barat  
 Jenis Campuran : Spilt Mastic Asphalt + Serat Sulfosa  
 Di kerjakan Oleh : 1. M. Burahanudin (88 310 163)  
 2. Nur Mutakin (88 310 177)

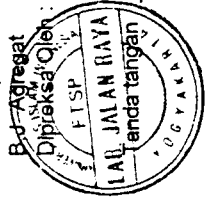
**HASIL PEMERIKSAAN UJI MARSHAL**

Filler Semen Portland 9 %

Sample	l (mm)	a	b (Opt.)	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	QM
S-5	59.51	6.8319	6.395	1167	1174	695	479	2.4363	2.4649	14.9667	83.87358	1.15975	16.1264	92.8084	1.15975	382	1136	1264.37	3.048	372.703
S-6	59.49	6.8319	6.395	1143	1148	678	470	2.4319	2.4649	14.9396	83.72173	1.3387	16.2783	91.776	1.3387	366	1307	1457.31	2.794	467.788
Rata-rata	59.5			1155	1161	686.5	474.5	2.4341		14.9531	83.79766	1.24922	16.2023	92.2923	1.24922			1360.84	2.921	420.246

- t = Tebal Benda Uji
- a = % Aspal terhadap batuan
- b = % Aspal terhadap Campuran
- c = Berat kering (sebelum direndam)
- d = Berat basah jenuh (SSD)
- e = Berat didalam air
- f = Volume (isi) d-e
- g = Berat isi c/f
- h = B. J Maksimum {100 : (% Agr/Bj Agr + % Asp/Bj. Asp)}
- i = (b x g) : Bj Aspal
- j = (100 - b) x g : Bj Agregat
- k = Jumlah kandungan rongga (100-i-j)
- l = Rongga terhadap agregat (100 - j)
- m = Rongga yang terisi aspal (VFWA) 100 x (i/l)
- n = Rongga terhadap campuran 100 - {100 x (gh)}
- o = Pembacaan arloji stabilitas
- p = o x kalibrasi proving ring
- q = p x koreksi tebal benda uji (stabilitas)

r = Flow (kelelahan plastis)  
 QM = Quinton Marshal  
 Suhu pencampuran = ± 160° C  
 Suhu pematatan = ± 140° C  
 Suhu waterbath = 60° C  
 B. J Aspal = 1,041  
 B. J Agregat = 2.719



**JAWABAN**  
**TUGAS PENDADARAN**



*dikerjakan oleh :*

Muhammad Burhanudin

88 310 163

Enur Mutakin

88 310 177

*Ree. Amara*  
*11/09/17 . k. Subandhi, MT*  
*acc* *[Signature]*

1. Manfaat Serat Selulosa dalam campuran Split Mastic Asphalt ( SMA )

Jawab :

Dengan penambahan serat selulosa dalam campuran SMA akan memperbaiki sifat-sifat aspal, antara lain :

- ◆ Kekentalan (*viskositas*) aspal meningkat sehingga dapat mengatasi drain out dari aspal, mencegah terjadinya kelelahan (*flow*) dan bleeding.
- ◆ Titik lembek aspal (*Softening Point*) menjadi lebih tinggi.
- ◆ Daya lekat aspal pada agregat lebih kuat, sehingga tahan terhadap deformasi akibat beban berat pada temperatur tinggi dan tidak terjadi rutting/gelombang pada permukaan jalan akibat gaya rem.

2. Keuntungan gradasi timpang (*gap graded*).

Jawab :

- ◆ Mengurangi bleeding (aspal yang naik ke permukaan perkerasan), hal ini dikarenakan pada gradasi timpang banyak terjadi pori sehingga memungkinkan aspal akan mengisi pori tersebut.
- ◆ Nilai fleksibilitas yang tinggi, disebabkan oleh kebutuhan aspal banyak untuk menutup rongga-rongga yang terdapat pada gradasi tersebut.
- ◆ Mempunyai kekesatan (*skid resistance*) yang tinggi, dikarenakan permukaan perkerasan yang kasar sehingga dapat mencegah terjadinya selip dan tergelincirnya roda kendaraan diwaktu basah atau kering.
- ◆ Mempunyai daya cengkraman antara roda/ban dengan lapisan perkerasan yang tinggi.
- ◆ Relatif mudah dipadatkan jika dibandingkan dengan penggunaan gradasi seragam (*uniform graded*) atau gradasi menerus (*dense graded*).

3. Aspal termasuk bahan yang thermoplastis.

Artinya :

Sifat aspal dimana kekentalan (*viskositas*) aspal akan berubah sebanding dengan perubahan temperatur. Pada viskositas yang rendah aspal akan dapat membasahi

dan menyelimuti batuan yang dicampurnya sehingga permukaan batuan dapat terselimuti secara merata dengan ketebalan yang cukup. Untuk mendapatkan viskositas yang rendah diperlukan temperatur yang tinggi dengan pemanasan, akan tetapi pemanasan yang terlalu tinggi akan berakibat merusak sifat-sifat aspal sehingga akan cepat mengeras. Sebaliknya pemanasan yang kurang akan berakibat aspal tidak dapat menyelimuti batuan secara merata, sehingga ikatan antar batuan kurang kuat dan akan mengurangi kekuatan lapis keras jalan dalam mendukung beban.

4. Kegunaan nilai density dari hasil percobaan.

Jawab :

Nilai density adalah nilai yang menunjukkan tingkat kepadatan dari campuran, density yang tinggi menunjukkan tingkat kekakuan yang tinggi sehingga campuran itu akan mampu menahan beban yang besar. Nilai density yang diperoleh di laboratorium digunakan untuk :

- Sebagai pembanding tingkat kepadatan di lapangan. Kepadatan di lapangan besarnya berkisar 95 % - 97 % kepadatan di laboratorium.
- Untuk menentukan kebutuhan campuran beton aspal yang akan dihamparkan.