

**TUGAS AKHIR  
PENELITIAN LABORATORIUM**

**PENGARUH PENURUNAN TEMPERATUR  
PEMADATAN OPTIMUM PADA CAMPURAN HRS-B  
DENGAN DAN TANPA SERAT SELULOSA**



Oleh :

MILIK PERPUSTAKAAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN UIN YOGYAKARTA

**ROBERTO**

No.Mhs. 96 310 239  
NIRM. 960051013114120206

**WIWIN ARIADY**

No.Mhs. 96 310 045  
NIRM. 960051013114120038

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

2002

**TUGAS AKHIR**  
**PENGARUH PENURUNAN TEMPERATUR**  
**PEMADATAN OPTIMUM PADA CAMPURAN HRS-B**  
**DENGAN DAN TANPA SERAT SELULOSA**

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

**Oleh :**

**Nama : Roberto**  
**No.Mhs : 96 310 239**  
**NIRM : 960051013114120206**

**Nama : Wiwin Ariady**  
**No.Mhs : 96 310 045**  
**NIRM : 960051013114120038**

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

**2002**


**TUGAS AKHIR**  
**PENGARUH PENURUNAN TEMPERATUR**  
**PEMADATAN OPTIMUM PADA CAMPURAN HRS-B**  
**DENGAN DAN TANPA SERAT SELULOSA**

**Nama : Roberto**  
**No.Mhs. : 96 310 239**  
**Nirm : 960051013114120206**

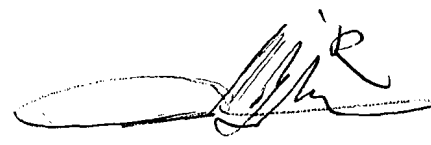
**Nama : Wiwin Ariady**  
**No.Mhs. : 96 310 045**  
**Nirm. : 960051013114120038**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

**Ir. Subarkah, MT**  
**Dosen Pembimbing I**

  
**Tanggal : 06-05-02**

**Ir. H. Balya Umar, MSc**  
**Dosen Pembimbing II**

  
**Tanggal : 06/5-2002**

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

*Semua Yang Aku Lakukan Di Dunia Ini Aku Persembahkan  
Kepadamu*

*“ Yaa Robbi “*

*Semoga Amal Dari Tugas Akhir Ini  
Dapat Dijadikan Wujud ;*

*Tanda Bakti Dan Cintaku Untuk Ayah Dan Bundaku*

*Ungkapan Sayangku Terhadap Saudaraku*

*Wujud Kasihku Terhadap Sesamaku*

*Sumbangsihku Untuk Almamaterku*

*Kupersembahkan Karyaku*

## HALAMAN MOTTO

Jadikanlah Sabar Dan Sholat Menjadi Pembantumu Untuk Mencapai Cita-Citamu Karena Sabar Dan Sholat Itu Menenangkan Jiwamu, Menetapkan Hatimu, Menjadi Benteng Dari Perbuatan Salah Dan Selalu Mendorong Berbuat Baik, Sesungguhnya Allah SWT Selalu Mendampingi Orang-Orang Yang Sabar

( QS : 2 . 153 )

Tidaklah Bagi Manusia Itu Selain Apa Yang Diusahakan Dan Setiap Apa Yang Diusahakan Itu Nantinya Akan Terlihat Hasilnya

( QS : 53. 39-40 )

.....Allah SWT Meninggikan Orang-Orang Yang Beriman Diantara Kamu Dan Orang-Orang Yang Berilmu Pengetahuan Beberapa Derajat.....

( QS : 58 . II )

Tidaklah Orang Yang Bersungguh-Sungguh Dalam Melaksanakan Sesuatu Yang Diusahakannya Dan Disertai Pula Dengan Kesabaran, Kecuali Ia Pasti Akan Meraih Keberhasilan.

Janganlah Sekali-Kali Engkau Berputus Asa Walaupun Harus Menempuh Jalan Yang Panjang, Jika Engkau Meminta Pertolongan Dengan Sikap Sabar, Pasti Kau Akan Menemukan Jalan Keluarnya. Berprilakulah Seperti Orang Yang Sabar Saat Mengejar Tujuannya, Laksana Pengetuk Pintu Yang Terus Menerus Mengetuk.

( Kutipan Buku 'Sabar' Muḥ bin Abdul Aziz Al-Khudhairi )

## DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Lembar Pengesahan.....	ii
Daftar Isi.....	iii
Daftar Tabel.....	vii
Daftar Gambar.....	ix
Daftar Lampiran .....	x
Kata Pengantar .....	xii
Intisari .....	xiv
BAB I    PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	2
1.3 Manfaat Penelitian .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	3
BAB II    TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1 <i>Hot Rolled Sheet</i> ( HRS B ) .....	4
2.1.1 Fungsi <i>Hot Rolled Sheet</i> .....	5
2.1.2 Sifat <i>Hot Rolled Sheet</i> .....	5
2.2 Bahan Tambah .....	6

2.3	Temperatur Pemadatan .....	8
2.4	Pemadatan .....	9
BAB III	LANDASAN TEORI .....	10
3.1	Perkerasan Jalan .....	10
3.2	Karakteristik Perkerasan .....	12
3.2.1	Stabilitas ( <i>Stability</i> ).....	12
3.2.2	Kelenturan ( <i>Fleksibilitas</i> ) .....	13
3.2.3	Keawetan ( <i>Durability</i> ) .....	13
3.2.4	Kemudahan Dalam Pelaksanaan ( <i>Workability</i> ) .....	13
3.2.5	Ketahanan Kelelahan ( <i>Fatigue Resistance</i> ) .....	14
3.3	Modulus Kekakuan .....	14
3.3.1	Kekakuan Bitumen ( <i>Bitumen Stiffness</i> ) .....	14
3.3.2	Kekakuan Campuran ( <i>Mix Stiffness</i> ) .....	16
3.4	Bahan Perkerasan .....	20
3.4.1	Agregat .....	20
3.4.2	Aspal .....	22
BAB VI	HIPOTESA .....	25
BAB V	CARA PENELITIAN .....	26
5.1	Persyaratan Dan Pengujian Bahan .....	26
5.1.1	Pemeriksaan Agregat .....	27
5.1.2	Pengujian Bahan Ikat Aspal .....	29
5.2	Perencanaan Campuran .....	31
5.2.1	Perencanaan Gradasi Agregat Campuran .....	31

5.2.2	Kadar Aspal .....	31
5.2.3	Bahan Tambah .....	32
5.3	Pengujian Campuran .....	32
5.3.1	Pembuatan Benda Uji .....	32
5.3.2	Peralatan Pengujian .....	34
5.3.3	Cara Pengujian .....	35
5.3.4	Angapan Dasar .....	36
5.4	Analisis .....	36
5.5	Kesulitan Dan Penyelesaiannya .....	41
5.6	Bagan Alir Penelitian .....	42
BAB VI	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....	44
6.1	Hasil Penelitian Laboratorium .....	44
6.1.1	Hasil Pemeriksaan Benda Uji .....	44
6.1.2	Hasil Pengujian Benda Uji .....	45
6.2	Pembahasan .....	49
6.2.1	Stabilitas .....	49
6.2.2	<i>Flow</i> .....	52
6.2.3	<i>Void In Total Mix ( VITM )</i> .....	54
6.2.4	<i>Void Filled With Aspalt ( VFWA )</i> .....	56
6.2.5	<i>Density</i> .....	58
6.2.6	<i>Marshall Qoutient</i> .....	60
6.3	Evaluasi Hasil Laboratorium Terhadap Spesifikasi .....	62
6.4	Modulus Kekakuan .....	63



6.4.1 Kekakuan Bitumen ( <i>Bitumen Stiffness</i> ) .....	63
6.4.2 Kekakuan Campuran ( <i>Mix Stiffness</i> ) .....	66
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN .....	71
7.1 Kesimpulan .....	71
7.2 Saran .....	73
PENUTUP .....	75
DAFTAR PUSTAKA .....	xv

## LAMPIRAN

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbedaan Antara HRS A dan HRS B.....	5
Tabel 2.2	Hasil Pengujian CF - 31500 oleh Badan Litbang DPU.....	7
Tabel 3.1	Spesifikasi Gradasi Agregat Untuk HRS B.....	22
Tabel 3.2	Persyaratan HRS B.....	22
Tabel 5.1	Koreksi Tebal benda Uji.....	38
Tabel 6.1	Spesifikasi dan Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar.....	44
Tabel 6.2	Spesifikasi dan Pemeriksaan agregat Halus.....	44
Tabel 6.3	Spesifikasi dan Hasil Pemeriksaan Aspal Keras AC 60 - 70.....	45
Tabel 6.4	Persyaratan HRS B Untuk Lalu lintas Berat.....	46
Tabel 6.5	Hasil Pengujian Marshall Untuk Campuran HRS B Dengan Variasi Kadar Aspal.....	46
Tabel 6.6	Hasil Pengujian Marshall Untuk Campuran HRS B Tanpa Serat Selulosa Terhadap Temperatur Pematatan.....	48
Tabel 6.7	Hasil Pengujian Marshall Untuk Campuran HRS B Ditambah Serat Selulosa Terhadap Temperatur Pematatan.....	49
Tabel 6.8	Nilai Stabilitas Hasil Pengujian Marshall .....	50
Tabel 6.9	Nilai Flow Hasil Pengujian Marshall .....	52
Tabel 6.10	Nilai VITM Hasil Pengujian Marshall .....	55
Tabel 6.11	Nilai VFWA Hasil Pengujian Marsahll .....	57
Tabel 6.12	Nilai Density Hasil Pengujian Marshall .....	59
Tabel 6.13	Nilai Marshall Qoutient Hasil Pengujian Marshall .....	61

Tabel 6.14 Hasil Test Marshall Terhadap Temperatur Pemasatan .....	63
Tabel 6.15 Perhitungan Kekakuan Campuran Metode Shell .....	68
Tabel 6.16 Perhitungan Kekakuan Campuran Metode Heukellom dan Klomp..	69

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Nomogram Van Der Pool .....	15
Gambar 3.2	Komponen Dalam Campuran .....	18
Gambar 3.3	Nomogram Shell .....	24
Gambar 5.1	Bagan Alir Penelitian .....	42
Gambar 6.1	Kadar Aspal Optimum Untuk Campuran HRS B .....	47
Gambar 6.2	Grafik Hubungan Antara Stabilitas dan Temperatur Pemadatan .....	50
Gambar 6.3	Grafik Hubungan Antara Flow dan Temperatur Pemadatan....	52
Gambar 6.4	Grafik Hubungan Antara VITM dan Temperatur Pemadatan ..	55
Gambar 6.5	Grafik Hubungan Antara VFWA dan Temperatur Pemadatan..	57
Gambar 6.6	Grafik Hubungan Antara Density dan Temperatur Pemadatan..	59
Gambar 6.7	Grafik Hubungan Antara MQ dan Temperatur Pemadatan .....	61
Gambar 6.8	Grafik Hubungan Kekakuan Campuran Menggunakan metode Shell dengan Kadar Aspal campuran HRS B .....	68
Gambar 6.9	Grafik Hubungan Kekakuan Campuran Menggunakan Metode Heukellom and Klomp.....	70

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 : Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus
- Lampiran 2 : Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar
- Lampiran 3 : Pemeriksaan Keausan Agregat ( *Abrasi Test* )
- Lampiran 4 : Pemeriksaan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal
- Lampiran 5 : *Sand Equivalent* Data
- Lampiran 6 : Pemeriksaan Berat Jenis Aspal
- Lampiran 7 : Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar
- Lampiran 8 : Pemeriksa Titik Lembek Aspal
- Lampiran 9 : Pemeriksaan Daktalitas ( *Ductality* ) / *Residu*
- Lampiran 10 : Pemeriksaan Penetrasi Aspal
- Lampiran 11 : Pemeriksaan Kelarutan Aspal Dalam CCL<sub>4</sub>
- Lampiran 12 : Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus (Kadar Aspal 6.5 %)
- Lampiran 13 : Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus (Kadar Aspal 7.0 %)
- Lampiran 14 : Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus (Kadar Aspal 7.5 %)
- Lampiran 15 : Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus (Kadar Aspal 8.0 %)
- Lampiran 16 : Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus (Kadar Aspal 8.5 %)
- Lampiran 17 : Perhitungan Marshall Test ( Kadar Aspal 6.5 % & 7 % )
- Lampiran 18 : Perhitungan Marshall Test ( Kadar Aspal 7.5 % & 8 % )
- Lampiran 19 : Perhitungan Marshall Test ( Kadar Aspal 8.5 % )
- Lampiran 20 : Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus (Kadar Aspal  
7.375% Tanpa Serat Selulosa)

- Lampiran 21 : Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus (Kadar Aspal 7.375% ditambah Serat Selulosa 0.3 %)
- Lampiran 22 : Perhitungan Marshall Test Terhadap Penurunan Temperatur Pemadatan Optimum Pada Campuran HRS B Tanpa Serat Selulosa ( Temperatur Pemadatan 100° C & 110° C )
- Lampiran 23 : Perhitungan Marshall Test Terhadap Penurunan Temperatur Pemadatan Optimum Pada Campuran HRS B Tanpa Serat Selulosa ( Temperatur Pemadatan 120° C & 130° C )
- Lampiran 24 : Perhitungan Marshall Test Terhadap Penurunan Temperatur Pemadatan Optimum Pada Campuran HRS B Tanpa Serat Selulosa ( Temperatur Pemadatan 140° C )
- Lampiran 25 : Perhitungan Marshall Test Terhadap Penurunan Temperatur Pemadatan Optimum Pada Campuran HRS B Ditambah Serat Selulosa ( Temperatur Pemadatan 100° C & 110° C )
- Lampiran 26 : Perhitungan Marshall Test Terhadap Penurunan Temperatur Pemadatan Optimum Pada Campuran HRS B Ditambah Serat Selulosa ( Temperatur Pemadatan 120° C & 130° C )
- Lampiran 27 : Perhitungan Marshall Test Terhadap Penurunan Temperatur Pemadatan Optimum Pada Campuran HRS B Ditambah Serat Selulosa ( Temperatur Pemadatan 140° C )
- Lampiran 28 : Grafik Mix Design Kadar Aspal Optimum

## KATA PENGANTAR

### *Assalamu'alaikum Wr.Wb*

Segala puji kami panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala berkah dan rahmat yang telah dilimpahkan-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini.

Penyusunan Tugas Akhir ini adalah merupakan kewajiban bagi mahasiswa tingkat akhir untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil pada jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia dengan mengambil judul, "**Pengaruh Penurunan Temperatur Pematatan Optimum Pada Campuran HRS B Dengan Dan Tanpa Serat Selulosa**".

Sumbangan pikiran, fasilitas, dorongan moril dan spiritual, serta arahan dan bimbingan dari berbagai pihak yang selama penyusunan dan penulisan Tugas Akhir ini sangat membantu, hingga pada kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Subarkah, MT, Selaku Dosen Pembimbing I.
2. Bapak Ir. H. Balya Umar, MSc, Selaku Dosen Pembimbing II.
3. Bapak Ir. H. Bachnas, MSc, Selaku Dosen Penguji Tugas Akhir.
4. Bapak Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D, Selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Ir. H. Munadhir, MS, Selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
6. Bapak Ir. Iskandar Sy, MT, Selaku Kepala Operasional Laboratorium Jalan Raya yang telah memberikan ijin dan kesempatan untuk melakukan penelitian di Laboratorium Jalan Raya.
7. Bapak Sukamto dan Bapak Syamsudin selaku staf Laboratorium yang telah memberikan bantuan dalam pelaksanaan penelitian.

8. Bapak Basuki dan Mas Heri selaku Karyawan bagian sidang dan pendadaran yang telah membantu kelancaran pelaksanaan sidang dan pendadaran.
9. Bapak Ibu kami yang tercinta yang telah memberikan segalanya baik kasih sayang, dorongan moril, sprituil dan materil demi kesuksesan penyusun.
10. Saudara-saudara kami serta sanak famili yang memberikan dorongan dan motivasi buat penyusun.
11. Teman-teman kami terutama anak-anak Civil 96 kelas C&D.
12. Teman-teman Kost atas partisipasinya.
13. Serta pihak-pihak lain yang telah membantu penyusun selama penyelesaian Tugas Akhir ini.

Semoga segala bantuan yang telah diberikan mendapatkan pahala yang setimpal dari Allah SWT.

Akhirnya penyusun berharap semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat serta menambah kajian ilmu tentang perkerasan Jalan Raya bagi penyusun dan bagi semua pihak yang berkepentingan.

*Wassalamu'alaikum, Wr.Wb*

Yogyakarta, Mei 2002

Penyusun



## INTISARI

Kualitas beton aspal sangat dipengaruhi oleh kualitas bahan penyusunnya, yaitu aspal dan agregat. Aspal bersifat thermoplastis, yaitu viscositasnya dipengaruhi temperatur. Temperatur pemadatan sangat berpengaruh terhadap kualitas beton aspal yang dihasilkan.

Penelitian ini bertujuan untuk mencari pengaruh penurunan temperatur pemadatan optimum terhadap karakteristik Marshall dan Modulus Kekakuannya. Pengujian ini dilakukan terhadap jenis aspal AC 60-70 dengan kadar aspal optimum 7,375 % pada campuran HRS B, sedangkan bahan tambah yang dipakai adalah Serat Selulosa jenis CF-31500 dengan kadar tetap 0,3 %. Pemadatan dilakukan pada temperatur pemadatan optimum 140° C serta penurunannya yaitu, 130° C, 120° C, 110° C dan 100° C.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Marshall Test dengan cara Central Quality Control and Monitoring Unit (CQCMU 1988) yang merupakan pengembangan dari Bina Marga.

Dari hasil penelitian diperoleh bahwa pengaruh penurunan temperatur pemadatan optimum menghasilkan sifat-sifat Marshall yang berbeda tetapi nilai Modulus Kekakuan tidak mengalami perubahan yang besar, dimana temperatur pemadatan minimum HRS B yang masih memenuhi spesifikasi Bina Marga adalah 120°C sedangkan pengaruh penambahan Serat Selulosa dengan kadar tetap 0,3% pada campuran HRS B tidak terbukti meningkatkan nilai Marshall dan Modulus Kekakuannya.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Banyak ragam lapis keras jalan yang digunakan di Indonesia diantaranya adalah *Hot Rolled Sheet* (HRS) yang masing-masing mempunyai karakteristik yang berbeda-beda. HRS dapat dibedakan atas 2 bagian yaitu HRS A dan HRS B dimana masing-masing tipe dibedakan atas agregat, kadar aspal dan fungsi pada perkerasan jalan.

*Hot Rolled Sheet* ( HRS ) menggunakan gradasi timpang dan kadar aspal tinggi. Dengan kadar aspal yang tinggi HRS sangat dipengaruhi oleh perubahan temperatur. Untuk meningkatkan kualitasnya bisa menggunakan bahan tambah salah satunya *Custom Fiber 31500* (CF.31500). Adanya berbagai macam teknologi lapis keras ini menguntungkan, karena dapat dipilih alternatif terbaik disesuaikan dengan ketersediaan bahan, kemudahan pelaksanaan, kondisi tanah dasar, anggaran yang tersedia, beban yang melewatinya, maupun kondisi geometrik dan iklimnya.

Aspal sebagai bahan ikat sangat dipengaruhi oleh temperatur, bahkan bisa dikatakan mempunyai sifat kritis terhadap temperatur, adapun temperatur yang berpengaruh pada kualitas HRS-B dapat berupa temperatur pencampuran, penghamparan dan pemadatan di lapangan.

Sedangkan pada kenyataan di lapangan bahwa pengawasan terhadap temperatur pemadatan kurang mendapat perhatian, bahkan sering terjadi temperatur pemadatan (*Break Down Rolling*) dilaksanakan di bawah temperatur minimum persyaratan hal ini mengakibatkan konstruksi yang dihasilkan berkualitas rendah.

Sejalan dengan hal diatas penyusun mencoba untuk meneliti pengaruh temperatur pemadatan terhadap karakteristik marshall dan juga terhadap modulus kekakuannya (*E*) pada campuran HRS-B dengan dan tanpa Serat Selulosa jenis CF-31500.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penurunan temperatur pemadatan optimum pada campuran HRS-B yang berkadar aspal optimum, serta pada kadar aspal optimum dengan penambahan kadar serat CF-31500 sebesar 0,3 % pada campuran HRS-B. Pengaruh tersebut ditinjau terhadap nilai-nilai Marshall dan Modulus Kekakuannya sehingga dapat dibandingkan dengan nilai Marshall berdasarkan spesifikasi Bina Marga. Parameter Marshall tersebut adalah *Void In the Total Mix* (VITM), *Void Filled With Asphalt* (VFWA), Stabilitas, Kelelehan (*Flow*) dan *Marshall Quotient*.

## 1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diupayakan dapat mewujudkan perencanaan dan pelaksanaan yang lebih baik dalam keseluruhan rangkaian pekerjaan pembuatan lapis keras

HRS-B, dengan demikian diperoleh hasil lapis keras yang lebih baik dan berkualitas.

#### **1.4 Batasan Masalah**

Pada penelitian ini batasan masalah yang diambil adalah.

1. Serat Selulosa jenis CF-31500 dengan kadar 0,3 % terhadap berat campuran.
2. Spesifikasi campuran HRS-B disesuaikan dengan spesifikasi dari Bina Marga.
3. Masalah yang dibahas hanya mengenai pengaruh penurunan temperatur pemadatan optimum pada campuran HRS-B yang berkadar aspal optimum dengan dan tanpa Serat Selulosa.
4. Pengaruh yang terjadi dilihat terhadap nilai Marshall dan nilai Modulus Kekakuannya berdasarkan persyaratan dari Bina Marga.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Hot Rolled Sheet ( HRS-B )

*Hot Rolled Sheet* sebagai lapis permukaan jalan merupakan salah satu jenis dari *Hot Rolled Asphalt* ( HRA ) yang berasal dari Inggris dan banyak digunakan di Indonesia yang kemudian disesuaikan dengan kondisi alam Indonesia. HRS digunakan sebagai lapis aus pada lapis permukaan dengan tebal 2,5 cm – 3 cm. HRS terdiri dari campuran antara agregat bergradasi timpang ( *gab graded* ), *filler* dan aspal keras ( *Asphalt Cement/AC* ) dengan perbandingan tertentu yang dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas ( *hot mix* ). *Bitumen* ( aspal ) yang sering digunakan adalah jenis aspal keras penetrasi 60/70 dan 80/100.

Lapis keras HRS dengan gradasi timpang mempunyai rongga dalam campuran yang cukup besar sehingga mampu menyerap aspal dalam jumlah banyak tanpa terjadi *Bleeding* keadaan ini menyebabkan lapis keras HRS mempunyai sifat lentur yang tinggi. Selain itu HRS mudah dipadatkan sehingga lapisan yang dihasilkan mempunyai kedekatan terhadap air dan udara cukup tinggi.

HRS yang digunakan di Indonesia ini dibagi dalam 2 kelas, yaitu HRS kelas A dan HRS kelas B yang perbedaannya terletak pada gradasi agregat yang

digunakan dan beban lalu lintas yang akan lewat. HRS B digunakan untuk lalu lintas tinggi dan sifat yang paling penting adalah daya tahan, *fleksibilitas* dan ketahanan kelelahan yang tinggi ( Silvia Sukirman,1999 ). Untuk lebih jelasnya perbedaan antara HRS-A dan HRS-B dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Perbedaan antara HRS-A dan HRS-B

Uraian	HRS - A	HRS - B
Stabilitas	450 kg – 850 kg	550 kg – 1250 kg
VITM	3 % - 6 %	3 % - 6 %
<i>Marshall Quatient</i>	100 kg/mm – 400 kg/mm	180 kg/mm – 500 kg/mm
Dasar Kekuatan	Campuran Mortar	<i>Interlocking</i>
Gradasi	Rendah	Sedang
Kadar Agregat Kasar	20 % - 40 %	30 % - 50 %
Kadar Filler	5 % - 9 %	4,5 % - 7,5 %
Kadar Aspal	Tinggi ( > 8 % )	Sedang ( 7 % - 8 % )

Sumber : CQCMU Bina Marga 1988.

### 2.1.1 Fungsi *Hot Rolled Shett*

*Hot Rolled Sheet* tipe B mempunyai fungsi sebagai lapis penutup yang terdiri dari campuran antara agregat bergradasi timpang, aspal keras dan bahan pengisi ( *filler* ) dengan perbandingan tertentu, selain itu juga berfungsi sebagai lapis aus yang non struktural ( Silvia Sukirman,1999 ).

### 2.1.2 Sifat *Hot Rolled Shett*

*Hot Rolled Shett* tipe B mempunyai sifat dan karakteristik sebagai berikut :

1. campuran HRS – B bersifat lebih lentur dibandingkan dengan campuran beton aspal karena pemakaian agregat bersifat timpang.
2. tingkat keawetan cukup tinggi karena pada gradasi batuan timpang memungkinkan pemakaian aspal yang besar, sehingga menjamin jumlah sisa aspal bebas setelah terjadi oksidasi cukup besar.
3. tidak memiliki sifat struktural dalam yang keras.

## 2.2 Bahan Tambah

Bahan tambah yang digunakan pada penelitian ini adalah Serat Selulosa jenis *Custom Fiber* ( CF-31500 ). Berdasarkan hasil laporan pengujian Serat Selulosa CF-31500 yang dilakukan Dinas Pekerjaan Umum ( No.23.9o2.013-JPK.20.KOT ) persyaratan umum dari Serat Selulosa agar dapat digunakan sebagai bahan tambah pada Beton Aspal campuran panas adalah :

1. mudah terdistribusi secara merata dalam campuran kering Beton Aspal campuran panas pada temperatur  $160^{\circ}\text{C} - 170^{\circ}\text{C}$ ,
2. dapat diekstraksi kembali dari beton aspal campuran panas,
3. tahan terhadap temperatur Beton Aspal campuran panas sampai dengan  $250^{\circ}\text{C}$ , minimum selama waktu pencampuran dalam AMP,
4. dengan kadar 0,3 % terhadap berat Beton Aspal campuran panas dapat meningkatkan ketahanan aspal terhadap temperatur atau titik lembek aspal menjadi  $> 55^{\circ}\text{C}$ .

Serat Selulosa yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis CF – 31500. Adapun persyaratan untuk Serat Selulosa CF – 31500 ( Custom Fiber - 31500 ) dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2 Hasil Pengujian CF-31500 oleh Dinas Pekerjaan Umum.

No	Macam Pengujian	Satuan	Hasil Pengamatan	Persyaratan
1.	Warna	-	Abu-abu	-
2.	PH	-	7,5	7,5 +1
3.	Kadar Air	%	4,0	< 6
4.	Kadar Organik	%	85	>75
5.	Berat Isi Gembur	gr/lt	30	>23
6.	Panjang Serat	uk	< 5000	Maks 5000
7.	Ketahanan terhadap asam & alkali	-	Baik	Baik
8.	Ketahanan terhadap pemanasan 250° C	-	Baik	Baik
9.	Terdistribusi dalam campuran kering 170° C	-	Merata	Merata

Sumber : Laporan Penelitian Serat Selulosa CF-31500 Badan Litbang DPU  
Pusat Litbang Jalan Departemen Pekerjaan Umum.

Penelitian tentang fungsi Serat Selulosa juga dilakukan oleh saudara Indra Lesmana dan Suharjono ( 1997 ) dengan judul, "Perbandingan Penggunaan Agregat Halus Kali Krasak dan Agregat Halus Kali Progo Hasil Stone Crusher Pada Campuran Split Mastik Aspal Ditambah Serat Selulosa". Pada penelitian ini disebutkan bahwa Serat Selulosa mempunyai fungsi memperbaiki sifat-sifat aspal minyak sehingga memperoleh konstruksi yang kuat, kaku, awet, nyaman dan aman. Hal ini tidak terlepas dari sifat-sifat Serat Selulosa sebagai bahan stabilisasi aspal yaitu bersifat semi polar yang dapat mengelilingi fraksi aspal yang bersifat non polar dan polar sehingga dapat menunda proses penuaan. Serat selulosa bersifat semipolar (lebih kuat dari Resin) juga mampu menyerap (ikatan hidrogen) fraksi-fraksi resin dalam aspal sehingga mampu memperlambat proses *oksidasi* dan *polimerisasi*.



### 2.3 Temperatur Pematatan

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

Penelitian tentang pengaruh temperatur pematatan juga pernah dilakukan oleh saudara Henugroho Puji Pamungkas dan Muhammad Ihsan Harahap (1995 ) dengan judul "Pengaruh Suhu Pematatan Pada Campuran HRS B Yang Menggunakan Filler Portland Cement Terhadap Workabilitas Dan Sifat-Sifat

Marshall". Pada penelitian ini dijelaskan bahwa pengaruh tinggi rendahnya temperatur pemadatan akan menghasilkan perilaku campuran yang bervariasi, dengan meningkatnya temperatur pemadatan dari temperatur minimum ( 90° C ) sampai temperatur optimum ( 130° C ) menghasilkan nilai stabilitas, VFWA, *Marshall Qoutient* yang semakin tinggi dan menurunkan nilai VITM dan *Flow*.

#### **2.4 Pemadatan**

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

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

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah suatu lapisan yang diletakan di atas tanah dasar setelah dipadatkan yang berfungsi untuk memikul dan menyebarkan beban, baik ke arah horizontal maupun vertikal dan akhirnya meneruskan beban ke tanah dasar (*Subgrade*), agar tanah dasar tidak mendapat tekanan melampaui daya dukung ijin. Pada umumnya lapis perkerasan terdiri atas beberapa lapis, dengan kualitas bahan makin ke atas semakin baik. Secara umum konstruksi perkerasan jalan dibagi menjadi tiga ( 3 ) jenis, yaitu.

1. Perkerasan lentur ( *Flexible pavement* ) Yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan ikat.
2. Perkerasan kaku ( *Rigid pavement* ) Yaitu perkerasan yang menggunakan portland cement sebagai bahan ikat.
3. Perkerasan komposit ( *Composite pavement* ) Yaitu perkerasan yang merupakan kombinasi antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku.

Perbedaan utama dari perkerasan lentur dan perkerasan kaku adalah bagaimana struktur tersebut menyalurkan beban lalu lintas ke tanah dasar. Pada perkerasan lentur penyebaran beban tergantung dari sifat dan kemampuan masing-masing lapisannya. Sedangkan pada perkerasan kaku beban disebarkan ke tanah

dasar dengan daerah penyebaran yang luas, sehingga tekanan tanah yang diterima oleh tanah dasar menjadi lebih kecil.

Dalam uraian selanjutnya akan dibahas mengenai lapis keras lentur. Pada prinsipnya lapis perkerasan lentur tersusun atas 3 bagian yaitu :

1. Lapis permukaan ( *Surface course* )
2. Lapis pondasi atas ( *Base course* ).
3. Lapis pondasi bawah ( *Subbase course* )

Fungsi dari lapis perkerasan jalan secara struktural adalah untuk mendukung beban lalu lintas, kemudian menyalurkannya ke tanah dasar secara merata. Adapun fungsi tiap lapisan adalah sebagai berikut :

1. Lapis Permukaan ( *Surface Course* ) :
  - a. Mendukung langsung beban lalu lintas dan meneruskan kelapisan dibawahnya.
  - b. Menahan gaya geser dari beban roda.
  - c. Sebagai lapis aus akibat gaya gesek dan cuaca.
  - d. Sebagai lapis kedap air untuk melindungi lapisan dibawahnya.
  - e. Sebagai lapis permukaan yang memberikan kenyamanan bagi pemakai jalan.
2. Lapis Pondasi Atas ( *Base Course* )
  - a. Sebagai lapis pendukung bagi lapis permukaan dan menahan gaya geser.
  - b. Sebagai lapis peresapan untuk lapis pondasi dibawahnya.
3. Lapis Pondasi Bawah ( *Subbase Course* )

- a. Menyebarkan beban roda.
- b. Sebagai lapis peresapan.
- c. Mencegah tanah dasar masuk ke lapis pondasi akibat tekanan roda.

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

### **3.2 Karakteristik Perkerasan**

Lapis perkerasan jalan harus memenuhi karakteristik tertentu sehingga menghasilkan lapis perkerasan yang kuat, awet dan nyaman untuk melayani lalu lintas. Karakteristik dari lapis perkerasan, juga tidak lepas dari sifat bahan penyusunnya. Khususnya perilaku aspal dalam campuran lapis perkerasan. Adapun unsur-unsur yang harus dimiliki oleh lapis perkerasan yang baik adalah sebagai berikut.

#### **3.2.1 Stabilitas**

Stabilitas adalah besarnya kemampuan lapis perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja. Kebutuhan stabilitas berbanding lurus dengan jumlah lalu lintas dan beban kendaraan yang melewatinya. Stabilitas tidak selalu identik dengan daya dukung lapis perkerasan, menurunnya stabilitas belum tentu daya dukungnya menurun.

Beberapa variabel yang mempunyai hubungan terhadap stabilitas adalah gesekan, kohesi dan inersia. Dimana ketiganya tergantung dari tekstur permukaan, gradasi agregat, kerapatan campuran dan kemampuan untuk menahan perpindahan tempat.

### 3.2.2 *Fleksibilitas*

*Fleksibilitas* pada lapis perkerasan adalah kemampuan lapisan untuk mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas tanpa menimbulkan retak. *Fleksibilitas* yang tinggi dapat diperoleh dengan cara :

1. menggunakan kadar aspal yang tinggi sehingga diperoleh *Void In The Mix* (VITM) yang kecil,
2. menggunakan agregat bergradasi senjang sehingga diperoleh *Void In Mineral Agregat* (VMA) yang besar.

### 3.2.3 Keawetan (*Durability*)

Keawetan adalah kemampuan lapis perkerasan untuk menahan pengaruh cuaca, air dan perubahan temperatur atau keausan akibat gesekan antara roda kendaraan dengan permukaan jalan. Keawetan yang baik untuk campuran perkerasan dilakukan dengan memberikan kadar aspal yang tinggi dan gradasi rapat, sehingga ikatan antar partikel akan kuat.

### 3.2.4 Kemudahan dalam pelaksanaan (*Workability*)

Kemudahan dalam pelaksanaan adalah kemampuan campuran untuk dihamparkan dan dipadatkan dengan mudah. Faktor-faktor yang mempengaruhi kemudahan pelaksanaan adalah .

1. Gradasi agregat, agregat yang bergradasi baik lebih mudah dilaksanakan dari agregat bergradasi jelek/timpang.

2. Temperatur campuran, temperatur campuran sangat mempengaruhi bahan pengikat ( aspal ) yang bersifat *thermoplastis* sehingga berpengaruh pada saat pelaksanaan di lapangan.
3. Kandungan bahan pengisi yang sedikit, akan memudahkan dalam pelaksanaan.

### **3.2.5 Ketahanan kelelahan ( *Fatigue resistance* )**

Ketahanan kelelahan adalah ketahanan dari lapis perkerasan jalan dalam menerima beban berulang. Tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak.

Faktor yang mempengaruhi ketahanan terhadap kelelahan adalah.

1. *Void In The Mix* (VITM) yang tinggi dan kadar aspal yang rendah akan mengakibatkan kelelahan yang lebih cepat.
2. *Void In The Mineral Agregat* (VMA) yang tinggi serta kadar aspal yang tinggi akan mengakibatkan lapis perkerasan menjadi *fleksibel*.

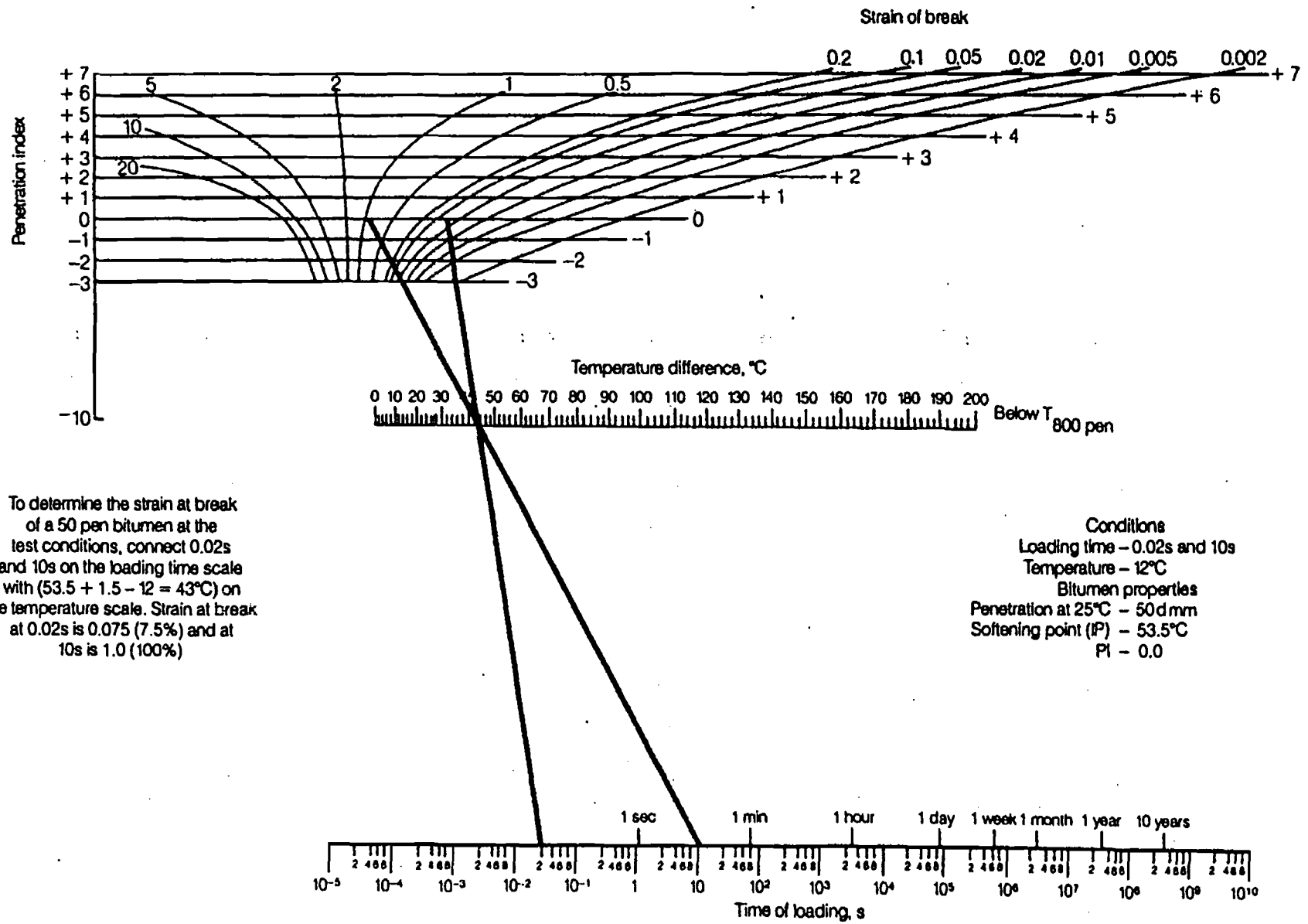
## **3.3 Modulus Kekakuan**

### **3.3.1 Kekakuan Bitumen ( *Bitumen Stiffness* )**

Kekakuan Bitumen adalah perbandingan antara tegangan dan regangan pada bitumen yang besarnya tergantung pada temperatur dan lama pembebanan yang diterapkan. Kekakuan bitumen dapat dipengaruhi juga oleh kemurnian aspal yang digunakan. Nilai kekakuan bitumen ditentukan dengan Nomogram Van Der Poel dan persamaan yang diturunkan oleh Ullidz, dimana pada pemakaian Nomogram Van Der Pool memerlukan data seperti :

1. temperatur rencana perkerasan ( T ) dalam °C,

Gambar 3.1 Nomogram Van Der Pool  
 Sumber : Principle of Pavement Design, EJ Yoder and MW Witczak, 1975



To determine the strain at break of a 50 pen bitumen at the test conditions, connect 0.02s and 10s on the loading time scale with  $(53.5 + 1.5 - 12 = 43^\circ\text{C})$  on the temperature scale. Strain at break at 0.02s is 0.075 (7.5%) and at 10s is 1.0 (100%)

Conditions  
 Loading time - 0.02s and 10s  
 Temperature -  $12^\circ\text{C}$   
 Bitumen properties  
 Penetration at  $25^\circ\text{C}$  - 50 d mm  
 Softening point (IP) -  $53.5^\circ\text{C}$   
 PI - 0.0



2. titik lembek aspal atau *Softening Point* ( *SPr* ) dari *Ring and Ball Test* dalam °C,
3. waktu pembebanan (t) dalam detik yang tergantung pada kecepatan kendaraan,
4. indeks penetrasi ( *PIr* ).

Selain dengan menggunakan nomogram Van Der Pool di atas, kekakuan bitumen dapat dicari dengan menggunakan persamaan yang diturunkan Ullidz.

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

Dimana :

$S_b$  = *Stiffness Modulus of Bitument* ( Mpa )

t = Waktu pembebanan ( Detik )

PIr = Indeks Penetrasi

SPr = Temperatur titik lembek ( °C )

T = Temperatur Perkerasan ( °C )

Persamaan tersebut diatas dapat digunakan jika memenuhi persyaratan sebagai berikut ini.

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

$$-1 < PIr < 1$$

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

### 3.3.2 Kekakuan Campuran ( *Mix Stiffness* )

Kekakuan Campuran adalah perbandingan antara tegangan dan regangan pada campuran bitumen yang besarnya tergantung dari temperatur dan lamanya

pembebanan yang diterapkan. Formula atau metode yang bisa diterapkan untuk menetapkan Mix Stiffness yaitu.

#### 1. Metode Shell.

Dalam Metode ini untuk mencari modulus kekakuan campuran digunakan nomogram shell seperti pada gambar 3.3. Pada metode ini diperlukan data-data sebagai berikut.

- a. Modulus kekakuan bitumen (  $N/mm^2$  ) dimana nilai modulus kekakuan bitumen ini didapatkan dari perhitungan atau dengan nomogram Van Der Pool seperti gambar 3.1 diatas.
- b. Volume bahan pengikat /  $V_b$  ( % )
- c. Volume mineral agregat /  $V_g$  ( % ).

Untuk memperoleh nilai-nilai  $V_b$  dan  $V_g$  dapat dicari dengan menggunakan cara perbandingan volume penyusun campuran ( Hot Mix Asphalt Material Mixture Design and Construction, 1991 ).

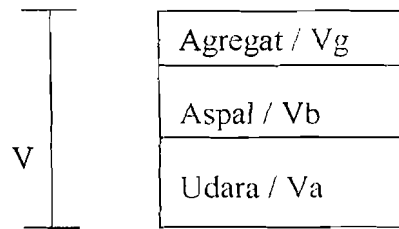
#### **Perbandingan Volume Penyusun Campuran**

Komposisi dari volume campuran dalam kondisi padat dapat dilihat pada gambar 3.2 di bawah ini.

$V_g$  = Prosentase volume agregat

$V_b$  = Prosentase volume bahan pengikat

$V_a$  = Prosentase volume udara



**Gambar 3.2. Komponen – komponen dalam campuran**

Sumber : Shell Pavement Design Manual, 1978

Prosentase volume bahan pengikat dapat dihitung dengan persamaan :

$$V_b = \frac{(100 - V_a) / (M_B / G_b)}{(M_B / G_b) / (M_A / G_a)} \dots \dots \dots (3.1)$$

Kadar pori dalam campuran dapat dihitung dengan persamaan :

$$V_a = \frac{(\gamma_{\max} - \gamma_m) \cdot 100}{\gamma_{\max}} \dots \dots \dots (3.2)$$

dengan :

$$\gamma_{\max} = \frac{100 \cdot \gamma_w}{(M_B / G_b) + (M_A / G_a)} \dots \dots \dots (3.3)$$

Selanjutnya dapat dihitung prosentase volume agregat dengan persamaan :

$$V_g = V_b + V_a \dots \dots \dots (3.4)$$

Dengan :

$$V_g + V_b + V_a = 100 \% \dots \dots \dots (3.5)$$

Dimana :

$M_A$  : Perbandingan berat agregat dengan total berat campuran ( % )

$M_B$  : Perbandingan berat bitumen dengan total berat campuran ( % )

$G_a$  : Berat jenis campuran agregat

$G_b$  : Berat jenis bahan ikat bitumen

$\gamma_m$  : Berat volume campuran padat (  $\text{kg/m}^3$  )

$\gamma_w$  : Berat volume air (  $\text{kg/m}^3$  )

$V_g$  : Prosentase volume agregat

$V_b$  : Prosentase volume bitumen

$V_a$  : Prosentase volume udara

2. **Metode Heukelom and Klomp** ( 1964 ), Nilai kekakuan campuran.  
( Transportation Research Record 1095, 1995 )

Disini diberikan formula untuk mencari nilai kekakuan campuran yaitu :

$$S_{mix} = S_{bit} \cdot \left[ 1 + \frac{2,5}{n} \cdot \frac{C_v}{1 - C_v} \right]^n \dots\dots\dots( 3.6 )$$

Dimana :

$$n = 0,83 \cdot \log ( 4 \cdot 10^{10} / S_{bit} )$$

$S_{mix}$  = kekakuan campuran ( N/m<sup>2</sup> )

$S_{bit}$  = kekakuan bitumen ( N/m<sup>2</sup> )

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

$$C_v = \frac{V_g}{V_g + V_b} \dots\dots\dots(3.7)$$

Dimana :

$V_g$  = Prosentase Volume agregat padat

$V_b$  = Prosentase volume bitumen

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

$$C_v' = \frac{C_v}{1 + 0,01(V_v - 0.03)} \dots\dots\dots(3.8)$$

dimana :

$C_v'$  = Modifikasi volume agregat

$V_v$  = Volume rongga udara dalam campuran

Persamaan tersebut dapat dipakai jika konsentrasi volume bitumen memenuhi syarat sebagai berikut :

$$C_b > 2/3 \times (1 - C_v) \dots \dots \dots (3.9)$$

Dimana :

$$C_b = \frac{V_b}{V_b + V_g} \dots \dots \dots (3.10)$$

### 3.4 Bahan Perkerasan

Bahan utama penyusun perkerasan lentur adalah agregat dan aspal sebagai bahan pengikat. Perbandingan pemakaian agregat dan aspal tergantung pada kebutuhan dan jenis perkerasan. Pemakaian agregat untuk lapis keras HRS B kurang lebih 92 %-93 % sedangkan aspal berkisar antara 7 %-8% dari berat total campuran. Untuk menghasilkan perkerasan yang berkualitas tinggi maka kedua bahan tersebut harus berkualitas tinggi pula dan memenuhi persyaratan yang diijinkan. Agar maksud tersebut dapat terpenuhi maka pemahaman/pengertian tentang sifat-sifat dan karakteristik masing-masing bahan penyusun perkerasan harus dimengerti dengan benar.

#### 3.2.1 Agregat

Agregat adalah batuan pecah, kerikil, pasir atau komposisi mineral lainnya, baik berupa hasil alam maupun hasil pengolahan. Agregat merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yaitu mengandung 90 – 95 % agregat berdasarkan persentase berat atau 75 – 85 % agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian sifat dan kualitas agregat menentukan daya

dukung, keawetan dan mutu perkerasan jalan disamping hasil campuran agregat dengan material lain serta proses pelaksanaannya.

Gradasi atau distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas perkerasan. Gradasi agregat menentukan besarnya rongga antar butiran yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan pelaksanaannya.

Berdasarkan gradasi yang dimilikinya agregat dapat dibedakan atas beberapa macam gradasi, yaitu.

1. Gradasi seragam ( *Uniform graded* )

Gradasi ini sering disebut gradasi terbuka, dimana agregat yang digunakan memiliki gradasi yang sejenis. Lapis perkerasan yang dihasilkan akan bersifat permeabilitas tinggi, stabilitas kurang dan berat volume kecil.

2. Gradasi rapat ( *Dense graded* )

Gradasi ini sering disebut dengan agregat bergradasi baik karena memiliki perbandingan agregat yang seimbang.

3. Gradasi Buruk ( *Poorly graded* )

Merupakan komposisi agregat yang tidak memenuhi kategori diatas.

Pada campuran HRS B gradasi agregat yang dipakai adalah gradasi timpang ( Silvia Sukirman,1999 ), dimana pemakaian agregat halus dan agregat kasar berimbang sehingga terdapat banyak rongga antar campuran. Spesifikasi gradasi agregat HRS B dan persyaratannya dapat dilihat tabel 3.1 dan tabel 3.2 sebagai berikut ini.

Tabel 3.1 Spesifikasi campuran agregat untuk HRS B

Ukuran Saringan	% Berat lolos saringan
Inchi	
¾	97 – 100
½	70 – 100
3/8	58 – 80
# 4	50 – 60
# 8	46 – 60
# 30	16 – 60
# 50	10 – 48
# 100	3 – 26
# 200	2 – 8

Sumber : *Central Quality Control and Monitoring Unit (CQCMU) 1988*

Tabel 3.2 Persyaratan HRS B

No	Spesifikasi	Nilai
1	Jumlah tumbukan	75 x 2
2	Rongga udara	3 – 6 %
3	Tebal film aspal	8 µm
4	Marshall Quotient	1,8 – 5,0 kN/mm
5	Stabilitas	550 – 1250 kg
6	Flow	2 – 4 mm

Sumber : *Central Quality Control and Monitoring Unit (CQCMU) 1988*

### 3.2.2 Aspal

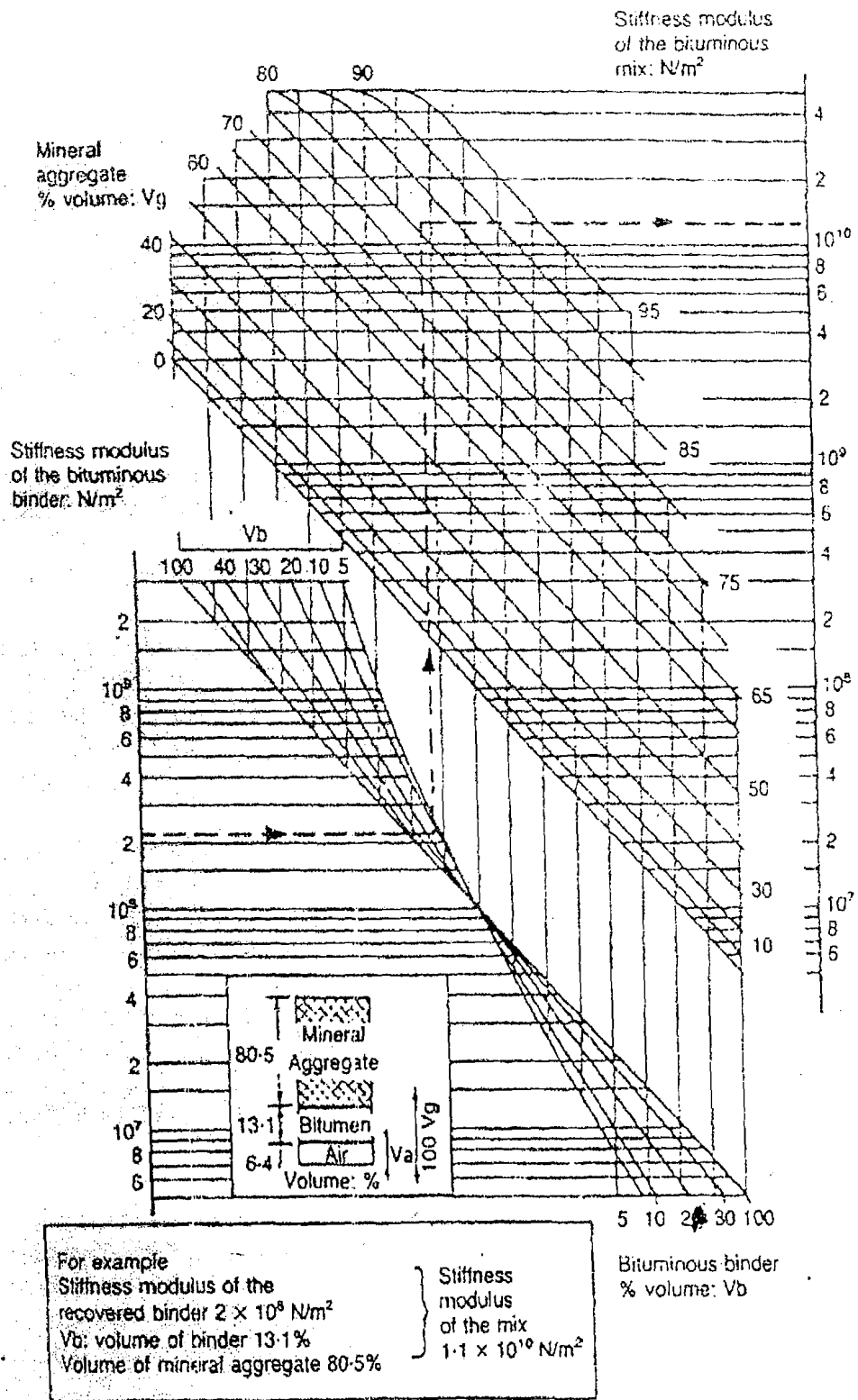
Aspal adalah material penyusun HRS – B yang cukup penting karena mempunyai kandungan yang besar dalam campuran HRS-B. Aspal berfungsi sebagai pengikat material penyusun perkerasan selama umur pelayanan, serta sebagai pelumas pada saat pemadatan. Sifat lekat tersebut karena adanya resin, sedangkan sifat pelumasnya karena adanya unsur oils pada maltene.

Aspal merupakan bahan padat atau semi padat yang berwarna coklat gelap sampai hitam, sebagian besar penyusunnya bitumen yang terjadi di alam atau dari hasil penyulingan minyak bumi. Aspal semen ( AC ) atau aspal keras adalah aspal yang dibuat dengan kekentalan dan kualitas khusus. ( Kerbs and Walker, 1971).

Pengelompokan aspal semen dapat dilakukan berdasarkan nilai penetrasi pada temperatur  $25^{\circ}\text{C}$  ataupun berdasarkan nilai viskositasnya. Aspal semen dengan penetrasi rendah digunakan di daerah bercuaca panas atau lalu lintas dengan volume tinggi, sedangkan aspal semen dengan penetrasi tinggi digunakan untuk daerah bercuaca dingin atau lalulintas dengan volume rendah. Pada penelitian ini aspal yang digunakan adalah aspal semen dengan penetrasi 60/70.

Kepekaan terhadap temperatur dari aspal juga ditunjukkan oleh perubahan konsistensinya ( penetrasi dan viskositas ) akibat perubahan temperatur. Aspal yang mempunyai kepekaan tinggi terhadap perubahan temperatur akan menghasilkan lapis perkerasan yang lebih keras dan akan retak pada temperatur yang sangat dingin, sedangkan aspal dengan kepekaan temperatur rendah kemungkinan terjadinya retak-retak sangat kecil dan tidak menjadi lunak pada temperatur yang tinggi, sehingga akan menghasilkan konstruksi dengan stabilitas yang tinggi ( Wallace and Rogers, J, 1967 ).





**Gambar 3.3. Nomogram Shell**  
 Sumber : Shell Pavement Design Manual, 1978

## BAB IV

### HIPOTESA

Lapis keras HRS sebagai lapis permukaan jalan dengan gradasi celah/*gab* *graded* dan berkadar aspal tinggi karakteristiknya sangat dipengaruhi oleh aspal terutama berhubungan dengan temperatur. Penurunan temperatur pemadatan optimum akan mengakibatkan naiknya nilai-nilai *density*, VFWA, stabilitas, *marshall qoutient* dan nilai modulus kekakuannya sebaliknya akan menurunkan nilai VITM dan *flow*. Sedangkan penambahan Serat Selulosa dengan kadar tetap 0,3 % pada campuran HRS B akan meningkatkan nilai marsahll dan nilai modulus kekakuannya.

## **BAB V**

### **CARA PENELITIAN**

Pada penelitian Tugas Akhir ini dilakukan percobaan di Laboratorium Jalan Raya jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia. Pada tahap ini kegiatan yang dilakukan adalah mengumpulkan bahan-bahan dan buku-buku pustaka sebagai penunjang landasan teori. Bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah berupa agregat, aspal dan bahan tambah. Agregat yang dipergunakan dalam penelitian ini berasal dari hasil pemecah batu (*Stone Crusher*) milik PT. Perwita Karya di daerah Clereng Kulon Progo Yogyakarta. Sedangkan aspal yang dipakai adalah jenis AC 60-70 produksi Pertamina yang diperoleh dari PT. Perwita Karya Yogyakarta. Untuk bahan tambah Serat Selulosa berasal dari Amerika Serikat dengan importir PT. Saranaraya Eka Cipta Jakarta. Semua bahan dalam penelitian ini tersedia di Laboratorium Jalan Raya jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Metode penelitian ini selengkapya diperlihatkan dalam diagram alur seperti pada gambar 5.1.

#### **5.1 Persyaratan dan Pengujian Bahan**

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

### 5.1.1 Pemeriksaan Agregat

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

#### 1. Pemeriksaan keausan agregat

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

#### 2. Pemeriksaan berat jenis

Berat jenis adalah perbandingan antara berat volume agregat dan berat volume air. Besarnya berat jenis agregat penting dalam perencanaan campuran agregat dengan aspal karena umumnya direncanakan dengan perbandingan berat

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

### 3. Pemeriksaan kelekatan terhadap aspal

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

### 4. Pemeriksaan peresapan agregat terhadap air

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

### 5. Pemeriksaan *Sand Equivalent*

Sand Equivalent Test dilakukan untuk mengetahui kadar debu bahan yang menyerupai lempung pada agregat halus/pasir. Lempung dapat mempengaruhi

mutu campuran agregat dengan aspal karena lempung membungkus partikel-partikel agregat sehingga ikatan antar agregat dengan aspal berkurang, dan adanya lempung mengakibatkan luas daerah yang harus diselimuti aspal bertambah. Sand Equivalent Test dilakukan untuk partikel agregat yang lolos saringan No. 4 sesuai prosedur AASHTO T 176-73. Nilai yang disyaratkan sebesar minimal 50 %.

### 5.1.2 Pengujian Bahan Ikat Aspal

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

#### 1. Pemeriksaan Penetrasi

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

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

Titik lembek aspal adalah suhu dimana suatu lapisan aspal dalam cincin yang diletakan horizontal di dalam larutan air atau gliserine yang dipanaskan secara teratur menjadi lembek karena beban bola baja dengan diameter 9,53 mm seberat 3,5 gr yang diletakan diatasnya sehingga lapisan aspal jatuh kedasar

dengan jarak 1 inchi. Prosedur pemeriksaan mengikuti PA – 0302 – 76 atau dengan nilai yang disyaratkan sebesar  $48^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $58^{\circ}\text{C}$ .

### 3. Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar

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

### 4. Kelarutan dalam $\text{CCL}_4$

Pemeriksaan ini dilakukan untuk menentukan jumlah bitumen yang larut dalam Carbon Tetra Chlorida. Jika semua bitumen yang diuji larut dalam  $\text{CCL}_4$  maka bitumen tersebut adalah murni. Prosedur pemeriksaan mengikuti PA – 0305 – 76.

### 5. Berat jenis

Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat aspal dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu. Titik nyala dan titik bakar perlu diketahui untuk menentukan temperatur maksimum aspal, sehingga dalam pemanasan aspal tidak boleh melampaui titik nyalanya. Pemanasan yang melampaui titik nyalanya atau titik bakarnya akan menyebabkan aspal terbakar sehingga akan mengakibatkan aspal menjadi keras dan getas dan apabila digunakan dalam campuran perkerasan, perkerasan akan mudah retak, kurang flexibel dan mudah pecah. Pemeriksaan berat jenis aspal mengikuti prosedur pemeriksaan PA – 0307 – 76.

## 6. Pemeriksaan Daktalitas ( *Ductality Test* )

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

## 5.2. Perencanaan Campuran

Perencanaan campuran adalah meliputi kegiatan sebagai berikut ini.

### 5.2.1. Perencanaan gradasi agregat campuran

Gradasi agregat yang digunakan pada campuran HRS B mengacu pada spesifikasi dari CQCMU, 1988 seperti pada tabel 3.1. Tahapan persiapan dalam pengujian ini adalah menentukan ukuran gradasi agregat untuk campuran HRS B. Dalam penentuan gradasi agregat hendaknya mengikuti sifat-sifat alamiah dari batuan. Hal ini penting untuk mengetahui perilaku campuran yang akan dibuat. Persentase dari agregat kasar pada campuran HRS B berkisar antara 30% - 55 %.

### 5.2.2. Kadar Aspal

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



### 5.2.3. Bahan Tambah

Bahan tambah yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Serat Selulosa jenis CF-31500 asal Amerika Serikat. Kadar serat yang digunakan sesuai dengan hasil penelitian Serat Selulosa oleh Pusat Litbang Dinas Pekerjaan Umum yaitu sebanyak 0,3 % dari berat total campuran. Persyaratan ini merupakan persyaratan umum dari Serat Selulosa agar dapat digunakan dalam campuran panas. Hasil penelitian Serat Selulosa selengkapnya terdapat pada Tabel 2.2 Laporan hasil penelitian Serat Selulosa oleh Dinas Pekerjaan Umum.

### 5.3. Pengujian Campuran

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

#### 5.3.1. Pembuatan Benda Uji

Berat total campuran satu jenis benda uji adalah 1200 gram, yang terdiri dari aspal, agregat dan filler serta bahan tambah untuk campuran yang memakai serat. Jumlah benda uji untuk masing-masing kadar aspal adalah sebanyak 3 ( tiga ) buah benda uji. Jumlah total untuk mencari kadar aspal optimum adalah  $3 \times 5 = 15$  buah benda uji. Kemudian pada campuran kedua dibuat benda uji dengan variasi temperatur pemadatan sebanyak 5 ( lima variasi ) dengan temperatur pemadatan  $140^{\circ}\text{C}$ ,  $130^{\circ}\text{C}$ ,  $120^{\circ}\text{C}$ ,  $110^{\circ}\text{C}$  dan  $100^{\circ}\text{C}$  dan setiap variasi dibuat 3 buah benda uji . Total benda uji sebanyak 30 buah benda uji yaitu 15 benda uji untuk campuran tanpa Serat Selulosa dan 15 benda uji memakai Serat Selulosa.

Jadi total benda uji yang diperlukan adalah  $15 + 15 + 15 = 45$  buah benda uji.

Contoh perhitungan pembuatan benda uji adalah sebagai berikut :

Perhitungan :

- Berat total campuran agregat : Aspal + Agregat + Filler = 1200 gr
- Berat Aspal =  $6,5 \% \times 1200 = 78$  gr
- Berat Agregat =  $1200 - 78 = 1122$  gr

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

- Kadar aspal 6,5 % dibutuhkan aspal  $6,5 \% \times 1200 = 78$  gr
- Kadar aspal 7 % dibutuhkan aspal  $7 \% \times 1200 = 84$  gr
- Kadar aspal 7,5 % dibutuhkan aspal  $7,5 \% \times 1200 = 90$  gr
- Kadar aspal 8 % dibutuhkan aspal  $8 \% \times 1200 = 96$  gr
- Kadar aspal 8,5 % dibutuhkan aspal  $8,5 \% \times 1200 = 102$  gr

Tahapan pembuatan benda uji antara lain sebagai berikut:

1. Agregat dibersihkan dari kotoran yang menempel dan dikeringkan sampai diperoleh berat tetap pada suhu  $105 \pm 5^\circ \text{C}$ . Agregat tersebut kemudian disaring secara kering kedalam fraksi yang dikehendaki.
2. Penimbangan untuk setiap fraksi dilakukan agar mendapat gradasi agregat ideal pada suatu takaran campuran.
3. Agregat yang telah ditimbang selanjutnya dimasukkan ke dalam panci, kemudian dipanaskan dalam oven. Setelah suhunya dianggap cukup agregat dipanaskan diatas kompor/pemanas sampai pada suhu diatas  $165^\circ \text{C}$ , sedangkan aspal dipanaskan hinga mencapai suhu  $155^\circ \text{C}$ .

4. Setelah agregat dan aspal mencapai suhu yang dikehendaki, dilakukan pencampuran kedua bahan tersebut dengan prosentase kadar aspal yang telah direncanakan.
5. Mengaduk campuran tersebut hingga rata sampai semua agregat terselimuti aspal. Kemudian benda uji dimasukkan kedalam silinder cetakan yang sebelumnya silinder tersebut dipanasi di dalam oven dan diolesi *vaselin*, kemudian bagian atas maupun bawah dari silinder cetak benda uji diberi kertas saring dan diberi tanda.
6. Setelah campuran benda uji dimasukkan kedalam silinder cetakan campuran ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali, lima belas kali ditepi silinder dan sepuluh kali dibagian tengahnya.
7. Pemadatan dilakukan dengan *compactor* manual masing-masing sebanyak 75 kali untuk bagian atas dan bawah.
8. Benda uji didinginkan, selanjutnya dikeluarkan dari silinder cetakan dengan *ekstruder* diberi kode pada setiap permukaan benda uji.

### 5.3.2. Peralatan Pengujian

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

1. Cetakan benda uji, lengkap dengan plat atas dan leher sambung.
2. Mesin penumbuk manual maupun elektrik.
3. Alat untuk mengeluarkan benda uji (*ejektor*).
4. Alat *marshall* lengkap, yaitu :
  - a. Kepala penekan (*breaking head*) berbentuk lengkung

- b. Cincin penguji (*proving ring*), dan
  - c. Arloji pengukur alir (*flow*)
  - d. Oven
5. Bak perendam (*water bath*) dilengkapi dengan pengatur suhu, mulai suhu 20°C - 60°C.
  6. Timbangan.
  7. Pengukur suhu dari logam (*metal thermometer*)
  8. Perlengkapan lain-lain, yaitu :
    - a. Panci / kual,
    - b. Sendok pengaduk dan satula,
    - c. Kompor pemanas (*hot plate*),
    - d. Kantong plastik, gas elpiji, dan
    - e. Sarung tangan asbes dan karet.

### 5.3.3. Cara Pengujian

Cara pengujian benda uji dilakukan sebagai berikut.

1. Benda uji direndam dalam bak perendam (*water bath*) selama  $\pm$  30 menit dengan suhu perendaman 60°C.
2. Kepala penekan alat *Marshall* dibersihkan dan permukaanya dilumuri dengan *vaselin* agar benda uji mudah dilepaskan. Benda uji diletakkan pada alat *marshall* segera setelah benda uji dikeluarkan dari *water bath*.
3. Pembebanan dimulai dengan posisi jarum diatur sehingga menunjukkan angka nol, sementara selubung arloji dipegang kuat terhadap bagian atas kepala penekan.

4. Kecepatan pembebanan dimulai dengan 50 mm/menit hingga pembebanan maksimum tercapai, yaitu pada saat arloji pembebanan berhenti dan menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum ukur. Pembebanan maksimum yang terjadi pada *flow meter* dibaca saat itu.

#### **5.3.4. Anggapan Dasar**

Penelitian ini akan diperoleh hasil pengaruh variasi temperatur pemadatan dibawah temperatur pemadatan optimum ( 140° C ) terhadap Stabilitas, flow, VITM, VFWA dan *Marshall Qoutient* berdasarkan spesifikasi yang disyaratkan untuk campuran *Hot Rolled Sheet*. Sedangkan Penambahan Serat Selulosa akan dapat meningkatkan nilai-nilai Marshall dan nilai Modulus Kekakukannya.

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

#### **5.4. Analisis**

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

Data yang diperoleh dari percobaan dilaboratorium aalah sebagai berikut:

1. Berat benda uji sebelum direndam (gram).

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

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

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

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

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

Keterangan:

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

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

Data hasil perhitungan diatas dipergunakan untuk mencari nilai-nilai dari karakteristik marshall sebagai berikut ini.

## 1. Stabilitas

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

$$S = p \times q$$

Keterangan:

S = Angka stabilitas sesungguhnya

p = Pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat

q = Angka koreksi benda uji

Tabel 5.1 koreksi tabel benda uji

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

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

## 2. Kelelahan ( *Flow* )

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

## 3. Kepadatan ( *Density* )

Nilai kepadatan / *density* dihitung dengan rumus :

$$BD = q = c / f$$

$$f = d - e$$

Keterangan :  $BD = q =$  Nilai kepadatan (gr/cc)

$d =$  Berat benda uji jenuh air (gr)

$e =$  Berat benda uji dalam air (gr)

$f =$  Volume benda uji (cc)

$c =$  Berat kering / Sebelum Direndam (gr)

## 4. VFWA ( *Void Filled With Asphalt* )

Nilai ini menunjukkan prosentase rongga campuran yang berisi aspal. Nilai

VFWA dihitung dengan rumus :

$$VFWA = 100 \cdot (i/l)$$

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

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

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

$$l = 100 - j$$



Keterangan :

a = Prosentase aspal terhadap batuan (%), i dan j = Rumus substitusi

b = Prosentase aspal terhadap campuran (%) g = Berat isi benda uji.

l = Prosentase rongga terhadap agregat

### 5. VITM ( *Void In The Mix* )

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

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

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

Keterangan : h = Berat jenis teoritis Campuran

### 6. *Marshall Quotient* (MQ)

Nilai *Marshall Quotient* diperoleh dengan rumus :

$$\text{MQ} = S / R$$

Keterangan : S = Nilai stabilitas

R = Nilai kelelahan (*flow*)

MQ = Nilai *Marshall Quotient* (kg/mm)

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

Kemudian analisis dilanjutkan dengan menghitung kekakuan bitumen dengan menggunakan nomogram Van Der Poel dan persamaan yang diturunkan oleh Ullidz serta menghitung kekakuan campuran dengan metode shell dan metode Heukellom dan Klomp.

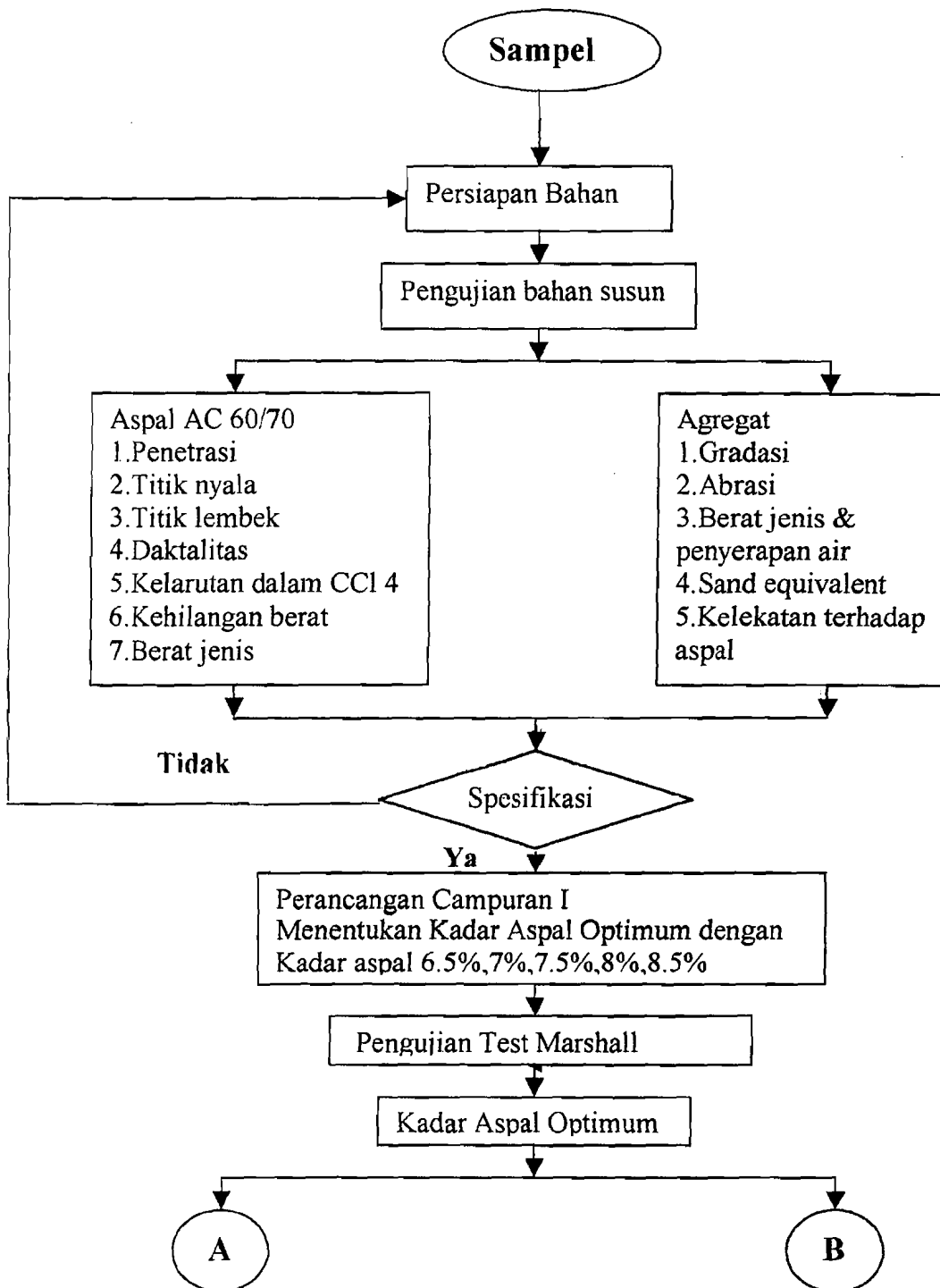
### **5.5 Kesulitan dan Penyelesaiannya**

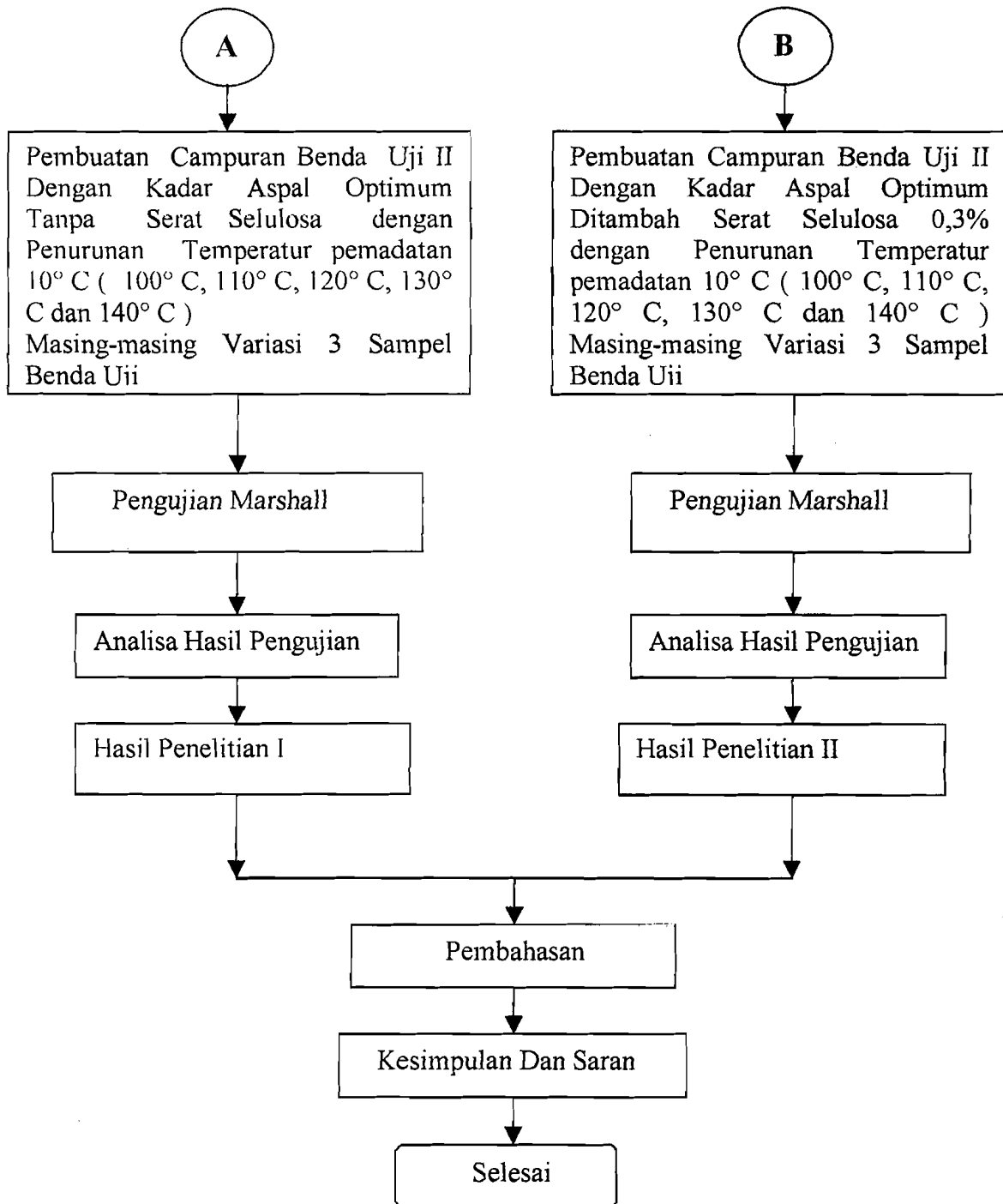
Penelitian yang dilakukan di laboratorium ini tidak terlepas dari kesulitan-kesulitan yang mempengaruhi jalannya penelitian. Apalagi penelitian yang dilakukan ini kualitas akhir diperoleh dari variasi temperatur pematatannya.

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

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

## 5.6 Bagan Alir Penelitian





Gambar 5.1 Bagan Alir Penelitian

## BAB VI

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 6.1. Hasil Penelitian Laboratorium

Dari hasil pemeriksaan bahan serta campuran HRS B dengan dan tanpa Serat Sclulosa dengan cara Marshall diperoleh hasil sebagai berikut ini.

##### 6.1.1. Hasil Pemeriksaan Bahan

Hasil pemeriksaan terhadap bahan yang digunakan untuk campuran HRS B diperoleh hasil seperti pada tabel 6.1, tabel 6.2 dan tabel 6.3 dibawah ini.

Tabel 6.1. Spesifikasi dan Hasil pemeriksaan Agregat Kasar

No	Pengujian	Syarat	Hasil	Keterangan
1.	Keausan dengan Mcsin Los Angeles (%)	$\leq 40$ %	27.24	Memenuhi
2.	Kelekatan terhadap aspal ( % )	$\geq 95$ %	100	Memenuhi
3.	Penyerapan terhadap air ( % )	$\leq 3$ %	2.02	Memenuhi
4.	Berat jenis semu	$\geq 2,5$	2.86	Memenuhi

Sumber : Hasil Pemeriksaan di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII

Tabel 6.2. Spesifikasi dan Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

No	Pengujian	Syarat	Hasil	Keterangan
1.	<i>Sand Equivalent</i> ( % )	$\geq 50$ %	84.78	Memenuhi
2.	Penyerapan terhadap air ( % )	$\leq 3$ %	2.04	Memenuhi
3.	Berat jenis semu	$\geq 2,5$	2.88	Memenuhi

Sumber : Hasil Pemeriksaan di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII

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

No	Pengujian	Syarat	Hasil	Keterangan
1.	Penetrasi ( 25°C, 5 detik ) ( 0.1 mm )	60 – 79	65	Memenuhi
2.	Titik lembek ( Ring and Ball ) ( °C )	48 – 58	49	Memenuhi
3.	Titik nyala ( Cleve Open Cupl ) °C	≥ 200	340	Memenuhi
4.	Daktalitas ( 25°C, 5 cm/menit ) ( cm )	≥ 100	127.5	Memenuhi
5.	Kelarutan dalam CCL <sub>4</sub>	≥ 99	99.63	Memenuhi
6.	Berat jenis	≥ 1.0	1.054	Memenuhi

Sumber : Hasil Pemeriksaan di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII

Setelah itu pengujian dilanjutkan dengan pemeriksaan Marshall Properties terhadap campuran berdasarkan desain ( Job Mix ) pada bahan-bahan tersebut.

### 6.1.2. Hasil Pengujian Benda Uji

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

Hasil pengujian marshall untuk menentukan kadar aspal optimum dan persyaratan beton aspal dapat dilihat pada tabel 6.4 dan tabel 6.5 sebagai berikut.



Tabel 6.4. Persyaratan HRS B

Parameter Marshall	Bina Marga
Stabilitas ( kg )	550 - 1250
Flow ( mm )	2 - 4
Marshall Qoutient ( kg/mm )	180 - 500
VITM ( % )	3 - 6
VFWA ( % )	75 - 82
Density ( gr/cc )	-

Sumber : Metode Bina Marga / CQCMU 1988

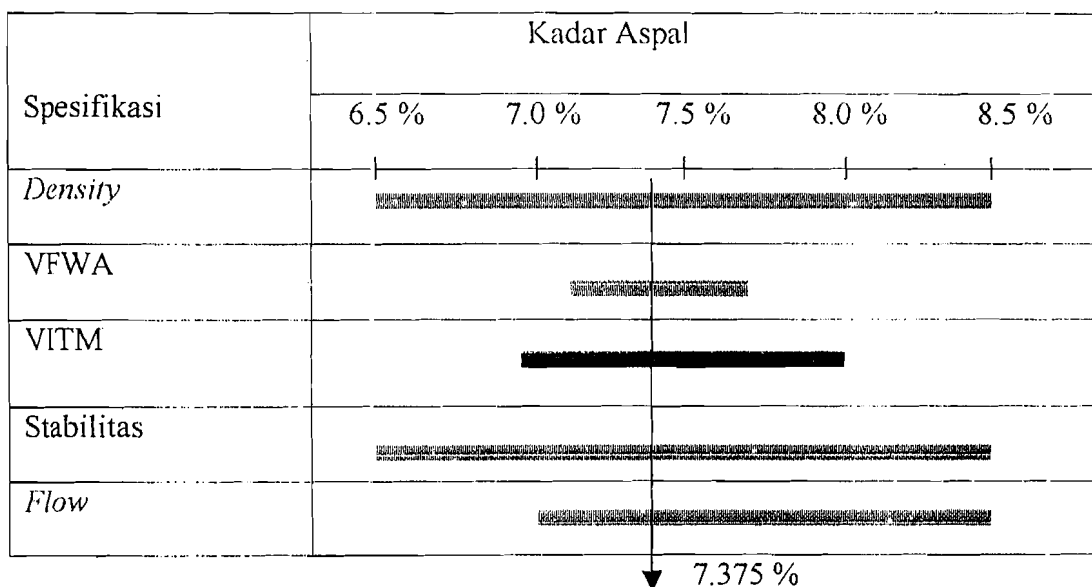
Tabel 6.5. Hasil Pengujian Marshall untuk Campuran HRS B dengan variasi kadar aspal

Kadar aspal (%)	Kode	Density (gr/cc)	VITM (%)	Flow (mm)	VFWA (%)	Stabilitas (kg)	Marshall Qoutient (kg/mm)
6.5 %	1 - H	2.324	5.586	1.60	71.924	1458.01	911.25
	2 - H	2.288	7.032	2.30	66.715	1004.72	436.83
	3 - H	2.318	5.825	1.60	71.019	972.52	607.82
	Rerata	2.310	6.148	1.83	69.886	1178.78	644.14
7.0 %	1 - H	2.322	4.947	3.70	75.604	1718.98	464.14
	2 - H	2.303	5.717	3.70	72.694	1450.20	391.94
	3 - H	2.303	5.749	1.80	72.578	1380.43	766.90
	Rerata	2.309	5.471	3.06	73.625	1535.92	501.93
7.5 %	1 - H	2.328	4.037	3.40	80.322	1447.76	425.81
	2 - H	2.329	3.982	2.70	80.544	1186.65	439.50
	3 - H	2.331	3.901	2.80	80.876	1548.19	552.92
	Rerata	2.330	3.973	2.96	80.581	1461.17	493.64
8.0 %	1 - H	2.329	3.305	2.35	84.158	1150.76	489.68
	2 - H	2.329	3.332	2.60	84.046	1327.33	510.51
	3 - H	2.337	2.976	2.70	85.536	1341.08	496.69
	Rerata	2.332	3.204	2.55	84.580	1275.67	500.26
8.5 %	1 - H	2.320	3.003	2.70	86.031	1138.59	421.70
	2 - H	2.327	2.700	3.00	87.282	1000.18	333.40
	3 - H	2.321	2.947	2.70	86.260	1052.78	389.91
	Rerata	2.323	2.884	2.80	86.524	1032.23	368.65

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII

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

Penentuan kadar aspal optimum pada campuran menggunakan metode Bina Marga. Nilai kadar aspal optimum diperoleh dengan cara menggambarkan rentang kadar aspal yang memenuhi spesifikasi berdasarkan nilai stabilitas ( $\geq 550$ ) flow ( 2 – 4 ), VITM (3% - 6%), VFWA ( 75 – 82 ) dan density. Nilai-nilai tersebut diambil dari nilai rata-rata masing-masing kadar aspal pada tabel 6.5. Berdasarkan garis yang telah diplotkan pada gambar spesifikasi kadar aspal, dicari batas terdalam dari kanan dan dari kiri garis tersebut. Nilai tengah diantara kedua batas tersebut merupakan kadar aspal optimum.



Gambar 6.1. Kadar Aspal Optimum untuk campuran HRS B



Berdasarkan gambar 6.1 diatas, kadar aspal optimum untuk campuran HRS B adalah sebesar 7.375 % . Hasil ini dipakai dalam pembuatan benda uji kedua yang dilakukan terhadap variasi temperatur pemadatan pada campuran dengan dan tanpa ditambah serat selulosa.

Pengujian yang dilakukan untuk masing-masing campuran adalah pengujian *Marshall* serta pengaruh campuran pada Modulus Kekakuannya. Hasil Pengujian Marshall tersebut dapat dilihat pada tabel 6.6 dan tabel 6.7 sebagai berikut.

Tabel 6.6 Hasil Pengujian Marshall terhadap Penurunan Temperatur Pemadatan Optimum untuk Campuran HRS B tanpa Serat Selulosa

Temp Pemadatan (°C)	Kode	Density (gr/cc)	VITM (%)	Flow (mm)	VFWA (%)	Stabilitas (kg)	MQ (kg/mm)
100	TS-1	2.24	7.756	3.10	66.820	789.54	254.69
	TS-2	2.22	8.789	3.10	63.746	827.10	266.80
	TS-3	2.23	8.044	3.30	65.942	662.74	200.83
	Rerata	2.29	5.947	3.17	72.959	746.11	235.36
110	TS-1	2.29	5.753	3.05	73.475	1217.7	399.24
	TS-2	2.25	7.407	2.70	67.912	708.85	262.53
	TS-3	2.28	6.119	2.70	72.183	786.18	291.17
	Rerata	2.30	5.526	3.02	74.357	880.92	291.69
120	TS-1	2.31	4.905	2.60	76.608	899.43	345.93
	TS-2	2.30	5.293	4.00	75.148	1350.8	337.70
	TS-3	2.28	6.074	2.60	72.342	1272.7	489.50
	Rerata	2.30	5.300	3.03	75.148	1288.4	341.81
130	TS-1	2.30	5.454	2.40	74.555	1410.0	587.50
	TS-2	2.29	5.799	2.40	73.308	1335.9	556.62
	TS-3	2.31	5.076	2.40	75.958	1344.7	560.29
	Rerata	2.30	4.954	2.40	75.317	1340.3	558,45
140	TS-1	2.29	5.666	3.70	73.786	1393.0	376.48
	TS-2	2.31	5.070	2.20	75.982	1392.4	632.90
	TS-3	2.32	4.601	3.20	77.780	736.97	230.30
	Rerata	2.31	4.712	2.92	75.849	1392,7	476,95

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII

Tabel 6.7 Hasil Pengujian Marshall Terhadap Penurunan Temperatur Pemadatan Optimum untuk Campuran HRS B ditambah Serat Selulosa

Temp Pemadatan (°C)	Kode	Density (gr/cc)	VITM (%)	Flow (mm)	VFWA (%)	Stabilitas (kg)	MQ (kg/mm)
100	S-1	2.187	10.25	3.70	60.280	656.02	177.30
	S-2	2.200	9.720	2.60	61.710	642.54	247.13
	S-3	2.257	7.360	2.80	68.750	853.25	304.73
	Rerata	2.214	9.110	3.03	63.580	717.27	236.48
110	S-1	2.253	7.530	3.70	68.180	889.45	240.39
	S-2	2.220	8.890	2.70	64.060	773.03	286.30
	S-3	2.230	8.460	3.00	65.300	739.02	246.34
	Rerata	2.234	8.290	3.13	65.850	800.50	255.50
120	S-1	2.272	6.740	2.80	70.760	996.07	355.74
	S-2	2.229	8.520	2.30	65.140	914.66	397.67
	S-3	2.270	6.850	3.90	70.430	1007.38	258.30
	Rerata	2.257	7.370	3.00	68.780	972.70	324.23
130	S-1	2.210	9.260	2.30	62.990	958.67	416.81
	S-2	2.249	7.690	1.50	67.680	982.45	654.96
	S-3	2.260	7.170	2.50	69.370	1117.33	446.93
	Rerata	2.240	8.040	2.10	66.680	1019.48	485.46
140	S-1	2.290	5.860	2.30	73.840	1491.13	648.31
	S-2	2.260	7.080	2.40	69.640	1317.23	548.84
	S-3	2.260	6.920	3.00	70.160	1314.63	438.21
	Rerata	2.200	6.620	2.56	71.220	1374.33	536.84

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII

## 6.2 Pembahasan

### 6.2.1 Stabilitas

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

Pada pengujian Marshall di laboratorium, stabilitas adalah kemampuan campuran aspal ( HRS B ) untuk menerima beban sampai terjadinya kelelahan plastis yang dinyatakan dalam kilogram atau pound. Beberapa hal yang

mendukung stabilitas adalah suhu pemadatan, gradasi agregat, bentuk dan tekstur permukaan butiran serta kadar dan jenis aspal yang digunakan.

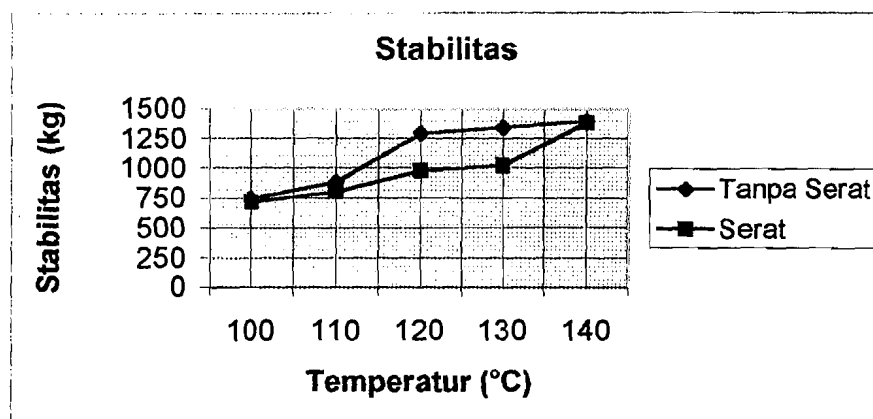
Stabilitas yang tinggi juga dicerminkan oleh adanya kerapatan campuran yang tinggi. Sedangkan kerapatan yang tinggi dapat tercapai apabila campuran dipadatkan pada temperatur pemadatan yang tinggi, karena pada temperatur yang tinggi nilai viskositas aspal rendah sehingga mudah untuk menyelimuti dan mengikat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

Dari hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai stabilitas seperti terdapat pada tabel 6.8 dan gambar 6.2 berikut ini.

Tabel 6.8 Nilai Stabilitas Hasil Pengujian Marshall Pada Kadar Aspal Optimum

Jenis Campuran	Stabilitas (kg)				
	Temperatur pemadatan ( $^{\circ}$ C )				
	100 $^{\circ}$ C	110 $^{\circ}$ C	120 $^{\circ}$ C	130 $^{\circ}$ C	140 $^{\circ}$ C
Tanpa Serat	746.11	880.92	1288.40	1340.30	1392.70
Dengan Serat	717.27	800.50	972.50	1019.48	1374.33

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII



Gambar 6.2 Grafik hubungan antara stabilitas dan penurunan temperatur pemadatan optimum

Berdasarkan gambar 6.2 terlihat nilai stabilitas semakin naik dengan semakin tingginya temperatur pemadatan baik campuran yang memakai serat selulosa maupun yang tidak menggunakan Serat Selulosa. Hal ini disebabkan karena jika temperatur rendah maka viskositas aspal sudah tinggi sehingga aspal sulit untuk menyelimuti dan mengikat agregat, ikatan antara agregat menjadi berkurang dan kerapatan campuran menurun menyebabkan stabilitas menurun. Setelah temperatur dinaikan terlihat stabilitas pada kedua campuran mengalami kenaikan dan naik terus berlanjut sampai temperatur pemadatan  $140^{\circ}\text{C}$ , dimana nilai stabilitas tertinggi pada campuran tanpa Serat selulosa sebesar 1390.70 kg dan nilai stabilitas tertinggi campuran dengan Serat Selulosa sebesar 1374.33 kg.

Nilai stabilitas pada kedua campuran semuanya mengalami kenaikan nilai stabilitas, tetapi nilai stabilitas yang terjadi pada campuran yang memakai Serat Selulosa lebih rendah dibanding campuran yang tidak memakai Serat Selulosa hal ini disebabkan karena Serat Selulosa dapat menyebabkan kekentalan aspal menjadi tinggi sehingga aspal sulit untuk menyelimuti dan mengikat agregat akibatnya campuran kurang padat, kenaikan stabilitas pada campuran HRS B yang ditambah Serat Selulosa juga mengalami kenaikan yang lambat dibanding dengan campuran HRS B tanpa Serat Selulosa., hal ini karena perubahan viskositas aspal menjadi lambat akibat pengaruh dari Serat Selulosa yang dapat menaikkan titik leleh aspal sehingga menjadi kurang peka terhadap temperatur. Secara umum stabilitas kedua campuran memenuhi semua spesifikasi Bina Marga yaitu mempunyai nilai stabilitas di atas 500 kg.

### 6.2.2. Flow

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

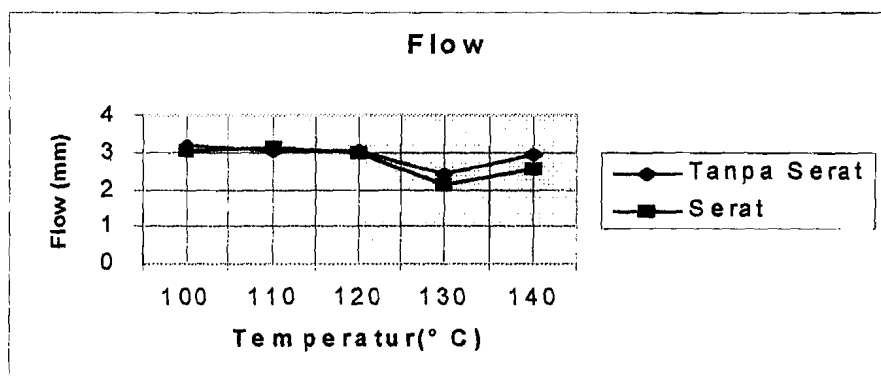
*Flow* menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada konstruksi perkerasan. Campuran yang memiliki *flow* yang rendah dan stabilitas yang tinggi menunjukkan bahwa campuran tersebut bersifat kaku. Sebaliknya nilai *flow* yang tinggi menunjukkan campuran bersifat plastis dan mudah mengalami perubahan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

Dari hasil pengujian di laboratorium terhadap nilai *flow*, diperoleh hasil seperti pada tabel 6.9 dan gambar 6.3 berikut ini.

Tabel 6.9 Nilai *Flow* Hasil Pengujian Marshall Pada kadar Aspal Optimum

Jenis Campuran	Flow ( mm )				
	Temperatur pemadatan ( ° C )				
	100° C	110° C	120° C	130° C	140° C
Tanpa Serat	3.17	3.02	3.03	2.40	2.92
Dengan Serat	3.03	3.13	3.00	2.10	2.56

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII



Gambar 6.3 Grafik Hubungan *Flow* dengan Penurunan Temperatur pemadatan Optimum

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

Nilai *flow* kedua campuran semuanya mengalami penurunan dan sama-sama optimum pada temperatur 130° C dan kemudian mengalami kenaikan seiring bertambahnya temperatur pemadatan. Hal ini karena fungsi aspal sebagai bahan perekat pada temperatur dibawah 130° C belum maksimum menyelimuti permukaan agregat sehingga kekompakan dalam campuran berkurang yang dapat menyebabkan terjadinya deformasi akan lebih besar. Aspal pada temperatur pemadatan 130° C dapat berfungsi maksimal sebagai bahan perekat yang mampu menyelimuti seluruh permukaan agregat dengan baik dan memberikan kekompakan dalam campuran yang berakibat mengurangi terjadinya deformasi. Pada temperatur yang lebih besar dari 130° C aspal tidak dapat berfungsi dengan maksimal karena daya ikat aspal berkurang akibat proses oksidasi dan polimerisasi.

Nilai *flow* optimum Campuran HRS B yang ditambah Serat Selulosa lebih rendah dibandingkan dengan nilai *flow* pada campuran HRS B yang tidak ditambah dengan Serat Selulosa. Hal ini terjadi karena aspal pada campuran HRS B yang ditambah Serat Selulosa dapat berfungsi maksimal menyelimuti aspal karena memiliki kepekaan temperatur yang rendah sehingga kekentalan aspal lebih dapat terjaga akibatnya lebih banyak yang dapat menyusup ke celah-celah campuran.

Nilai *flow* pada campuran HRS B yang tidak ditambah Serat Selulosa memiliki nilai terendah sebesar 2,40 mm dan tertinggi sebesar 3,17 mm sedangkan nilai *flow* pada campuran dengan Serat Selulosa memiliki nilai terendah sebesar 2,10 mm dan nilai *flow* tertinggi sebesar 3,13 mm sehingga secara umum nilai *flow* hasil penelitian memenuhi persyaratan Bina Marga sebesar 2 – 4 mm.

### 6.2.3. *Void In Total Mix ( VITM )*

VITM adalah banyaknya rongga yang ada pada suatu campuran yang dipengaruhi oleh gradasi agregat, temperatur pemadatan, energi pemadatan dan kadar dan jenis aspal. Nilai VITM juga berpengaruh terhadap kekedapan campuran yaitu kekedapan terhadap udara dan air. Nilai VITM yang besar menunjukkan bahwa rongga yang terjadi dalam campuran semakin besar, akibatnya aspal akan mudah teroksidasi sehingga campuran bersifat getas sehingga dapat mengurangi sifat keawetan terhadap pengaruh air dan udara. Dalam campuran harus tersedia cukup rongga yang terisi udara yang fungsinya untuk menyediakan ruang gerak bagi unsur-unsur dalam campuran sesuai dengan keelastisan bahan penyusunnya. Sebaliknya apabila nilai VITM makin kecil berarti campuran tersebut semakin padat dan rapat dengan nilai kekakuan tinggi. Keadaan ini dapat menyebabkan terjadinya retak-retak pada lapis perkerasan, karena tidak cukup lentur untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas.

Nilai VITM yang disyaratkan oleh Bina Marga adalah 3 % - 6 %. Lapis Keras yang mempunyai nilai VITM kurang dari 3 % akan mudah terjadi *bleeding*. Semakin tingginya temperatur perkerasan, aspal akan mudah mencair dan pada

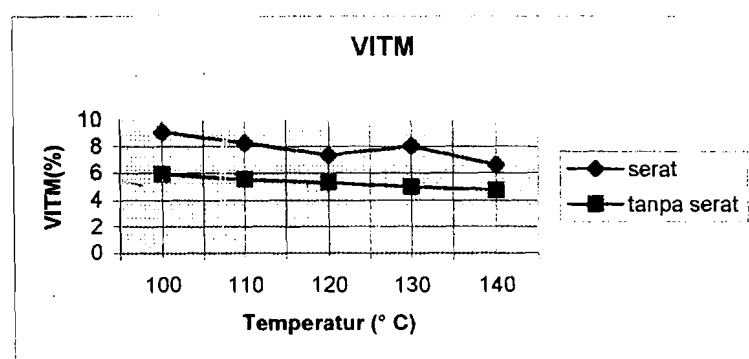
saat perkerasan menerima beban, aspal yang mencair akan mengalir diantara rongga agregat, jika dalam campuran tidak memiliki rongga yang cukup maka aspal akan naik ke permukaan perkerasan yang menyebabkan terjadinya *bleeding*. Sebaliknya nilai VITM yang lebih besar dari 6 % menunjukkan bahwa rongga yang terjadi dalam campuran banyak sehingga campuran tidak rapat dan tidak kedap terhadap udara dan air, hal ini menyebabkan aspal mudah teroksidasi yang berakibat melemahnya ikatan aspal terhadap agregat.

Berdasarkan hasil penelitian didapat nilai VITM seperti terdapat pada tabel 6.10 dan gambar 6.4 berikut ini.

Tabel 6.10 Nilai VITM (%) Hasil Pengujian Marshall

Jenis Campuran	VITM (%)				
	Temperatur pemadatan ( $^{\circ}$ C)				
	100 $^{\circ}$ C	110 $^{\circ}$ C	120 $^{\circ}$ C	130 $^{\circ}$ C	140 $^{\circ}$ C
Tanpa Serat	5.9477	5.5259	5.3000	4.9545	4.7127
Dengan Serat	9.110	8.290	7.370	8.040	6.620

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII



Gambar 6.4 Grafik Hubungan VITM dengan Temperatur Pemadatan

Berdasarkan gambar 6.4 terlihat bahwa semakin tingginya temperatur pemadatan maka nilai VITM semakin turun. Hal ini disebabkan karena rongga



udara yang terbentuk/terjadi sudah berkurang oleh karena pada saat campuran dipadatkan pada temperatur yang tinggi, aspal semakin mudah mengisi celah-celah antara butiran agregat sehingga didapat kondisi yang rapat dan kompak.

Nilai VITM campuran HRS B menggunakan Serat Selulosa lebih besar dibandingkan dengan campuran HRS tanpa Serat Selulosa. Hal ini disebabkan karena pada campuran yang memakai Serat Selulosa Kekentalan aspal semakin tinggi dan menyebabkan bertambahnya rongga udara yang terbentuk dalam campuran sehingga meningkatkan nilai VITM.

Berdasarkan hasil penelitian ini, nilai VITM campuran HRS B tanpa Serat Selulosa pada setiap temperatur pemadatan memenuhi semua persyaratan Bina Marga ( 3 % - 6 % ), sedangkan pada campuran HRS B ditambah Serat Selulosa memiliki nilai VITM yang tidak memenuhi persyaratan Bina Marga yaitu mempunyai nilai diatas 6 % sehingga campuran ini tidak dapat dijadikan parameter perencanaan campuran

#### **6.2.4. *Void Filled With Asphalt ( VFWA )***

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

sebagian aspal akan mengisi rongga yang kosong dan jika rongga telah penuh maka aspal akan naik ke permukaan perkerasan.

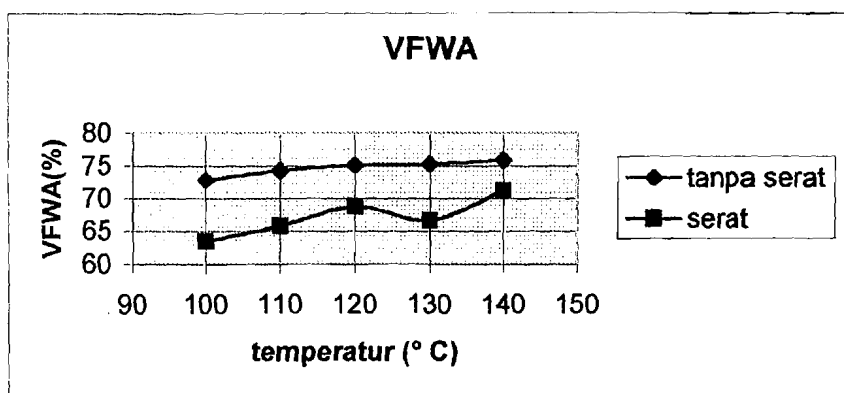
Nilai VFWA yang terlalu rendah menyebabkan kekedapan campuran menjadi berkurang karena banyaknya rongga yang kosong. Hal ini akan memudahkan masuknya udara dan air yang menyebabkan aspal mudah teroksidasi sehingga daya ikat dan keawetan campuran tersebut berkurang.

Hasil penelitian di laboratorium didapat nilai VFWA seperti pada tabel 6.11 dan gambar 6.5 berikut ini.

Tabel 6.11. Nilai VFWA (%) Hasil Pengujian Marshall Pada Kadar Aspal Optimum

Jenis Campuran	VFWA(%)				
	Temperatur Pematatan (° C)				
	100° C	110° C	120° C	130° C	140° C
Tanpa Serat	72.959	74.357	75.158	75.317	75.849
Dengan Serat	63.580	65.850	68.780	66.680	71.220

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII



Gambar 6.5 Grafik hubungan antara VFWA dengan penurunan temperatur pematatan optimum

Pada gambar 6.5 terlihat bahwa semakin tinggi temperatur pematatan maka nilai VFWA semakin tinggi. Pada temperatur pematatan yang tinggi

kondisi aspal lebih mudah mengisi rongga-rongga dalam campuran, sebaliknya pada temperatur pemadatan yang rendah aspal sulit mengisi rongga-rongga dalam campuran karena pada temperatur rendah viskositas aspal tinggi.

Hasil penelitian di laboratorium diperoleh nilai VFWA campuran HRS B tanpa Serat Selulosa lebih besar jika dibandingkan dengan campuran HRS B dengan Serat Selulosa. Hal ini terjadi karena Serat Selulosa menaikkan kekentalan aspal pada campuran HRS B sedangkan perubahan viskositas aspal pada campuran HRS B dengan Serat Selulosa lebih lambat dibanding dengan Campuran HRS B tanpa Serat Selulosa. Kondisi ini menyebabkan rongga-rongga dalam campuran HRS B ditambah Serat Selulosa kurang terisi oleh aspal sehingga menaikkan nilai VFWA. Pada penelitian ini nilai VFWA yang memenuhi spesifikasi dari Bina marga yaitu sebesar 75 % sampai 82 % adalah temperatur 120°C - 140°C untuk campuran HRS B tanpa Serat Selulosa sedangkan campuran dengan Serat Selulosa tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga karena kurang dari 75 % sehingga tidak dapat dijadikan parameter perencanaan campuran.

#### **6.2.5. Density**

Nilai kepadatan campuran ( *density* ) menunjukkan derajat kepadatan suatu campuran yang telah dipadatkan. Campuran dengan nilai *density* yang tinggi akan mampu menahan beban yang lebih besar dibandingkan dengan nilai *density* yang rendah. Nilai *density* dipengaruhi oleh kualitas bahan penyusunnya dan pelaksanaan pemadatan, baik temperatur pematatannya maupun jumlah tumbukannya.

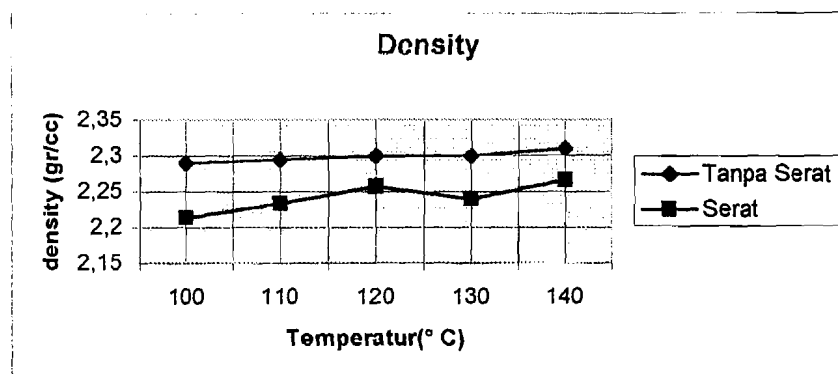
Campuran akan memiliki nilai *density* yang tinggi apabila memakai bahan yang memiliki porositas rendah serta campuran dengan rongga antar agregat yang rendah. Nilai *density* juga akan meningkat jika energi pemadatan tinggi serta pada temperatur pemadatan yang tepat. Peningkatan pemakaian kadar aspal yang cukup juga akan meningkatkan nilai *density* campuran.

Nilai *density* hasil penelitian dapat dilihat pada tabel 6.12 dan gambar 6.6 berikut ini.

Tabel 6.12 Nilai *Density* Hasil Pengujian Marshall Pada Kadar Aspal Optimum

Jenis Campuran	Density (gr/cc)				
	Temperatur Pemadatan (° C)				
	100° C	110° C	120° C	130° C	140° C
Tanpa Serat	2.290	2.295	2.300	2.300	2.310
Dengan Serat	2.214	2.234	2.257	2.240	2.266

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII



Gambar 6.6 Grafik hubungan antara *density* dengan penurunan temperatur pemadatan optimum

Dari gambar 6.6 terlihat bahwa semakin tingginya temperatur pemadatan nilai *density* semakin naik. Hal ini disebabkan karena dengan naiknya temperatur pemadatan akan menyebabkan aspal dalam campuran lebih mudah menyusup/mengisi rongga dalam campuran sehingga campuran lebih padat yang berarti nilai *density* semakin bertambah pula.

Nilai density campuran HRS B yang tidak menggunakan Serat Selulosa lebih besar jika dibandingkan dengan campuran yang ditambah Serat Selulosa. Hal ini disebabkan karena aspal yang ditambah dengan Serat Selulosa mempunyai kekentalan yang tinggi sedangkan titik leleh yang tinggi akan menyebabkan aspal kurang peka terhadap perubahan temperatur. Viskositas aspal yang ditambah Serat Selulosa mengalami perubahan yang lebih lambat dibanding campuran tanpa Serat Selulosa, sedangkan kekentalan yang tinggi aspal kurang dapat mengisi rongga-rongga dalam campuran sehingga campuran kurang rapat dan padat. Hal ini akan menyebabkan nilai density yang lebih besar. Secara umum nilai density masih dapat diterima karena tidak ada persyaratan umum yang ditentukan terhadap nilai density oleh Bina Marga.

#### **6.2.6. Marshall Qoutient ( MQ )**

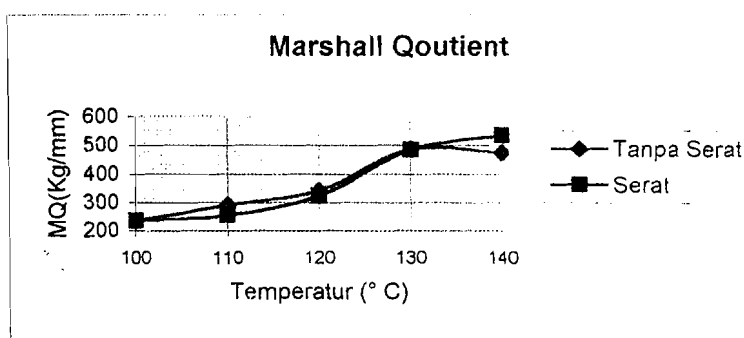
Marshall Qoutient merupakan hasil bagi antara stabilitas dan flow yang digunakan sebagai pendekatan terhadap tingkat kekakuan dan fleksibilitas dari suatu campuran. Stabilitas yang tinggi disertai dengan kelelahan yang rendah akan menghasilkan perkerasan yang terlalu kaku dan bersifat getas, sebaliknya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

Hasil pengujian di laboratorium didapat nilai Marshall Qoutient seperti pada tabel 6.13 dan gambar 6.7 berikut ini.

Tabel 6.13 Nilai Marshall Qoutient ( kg/mm ) Hasil Pengujian Marshall

Jenis Campuran	Marshall Qoutient ( kg/mm )				
	Temperatur Pematatan(° C)				
	100° C	110° C	120° C	130° C	140° C
Tanpa Serat	235.36	291.69	341.81	486,69	476,95
Dengan Serat	236.48	255.50	324.23	485.46	536.84

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII



Gambar 6.7 Grafik hubungan antara Marshall Qoutient dengan temperatur pematatan

Dari gambar 6.7 terlihat bahwa variasi temperatur pematatan akan memberikan pengaruh terhadap lapis keras. Dengan naiknya temperatur pematatan memberikan nilai Marshall Qoutient yang semakin besar. Namun dengan penambahan temperatur pematatan tidak berarti memberikan nilai yang baik pada karakteristik perkerasan, karena nilai Marshall Qoutient yang terlalu tinggi akan menjadikan perkerasan menjadi kaku atau getas.

Nilai Marshall Qoutient hasil penelitian di laboratorium menunjukkan bahwa nilai Marshall Qoutient pada campuran HRS B tanpa Serat lebih besar dibanding dengan campuran tanpa Serat Selulosa hal ini disebabkan karena pada campuran HRS B yang tidak ditambah Serat Selulosa stabilitas campuran lebih tinggi karena campuran lebih kompak dan rapat akibat aspal pada campuran HRS B

yang tidak ditambah Serat Selulosa berfungsi maksimum sehingga dapat menyelimuti agregat dengan maksimal, sebaliknya nilai flow lebih rendah akibat nilai kekakuan campuran HRS B yang tidak ditambah Serat Selulosa lebih tinggi sehingga kemungkinan terjadinya deformasi lebih kecil. Nilai *Marshall Qoutient* Pada campuran HRS B yang tidak ditambah Serat selulosa mencapai optimum pada temperatur pemadatan 130° C dengan nilai sebesar 486,69 kg/mm, sedangkan campuran ditambah Serat Selulosa belum mencapai optimum dan semakin membesar dengan nilai maksimum sebesar 536,84 kg/mm. Nilai *Marshall Qoutient* pada spesifikasi memiliki persyaratan umum sebesar 180 kg/mm -- 500 kg/mm sesuai persyaratan Bina marga/CQCMU 1988.

### **6.3. Evaluasi Hasil Laboratorium Terhadap Spesifikasi**

Dari hasil penelitian temperatur pemadatan baik pada campuran HRS B yang ditambah dengan Serat Selulosa maupun yang tidak ditambah dengan Serat Selulosa, kemudian disesuaikan dengan spesifikasi dari Bina Marga terhadap persyaratan untuk HRS B yang meliputi nilai stabilitas, *flow*, VITM dan VFWA menunjukkan bahwa pengaruh temperatur pemadatan pada campuran HRS B menyebabkan perubahan nilai-nilai marshall sedangkan penambahan Serat Selulosa pada campuran HRS B tidak dapat dijadikan parameter perencanaan untuk menentukan batasan dalam menentukan temperatur pemadatan, hal ini disebabkan karena nilai ViTM dan VFWA tidak terpenuhi.

Dari hasil penelitian terhadap campuran HRS B tanpa Serat Selulosa, temperatur pemadatan yang masih memenuhi persyaratan Bina Marga adalah seperti terlihat pada tabel 6.14 sebagai berikut ini.

Tabel 6.14. Hasil Test Marshall terhadap Temperatur Pemadatan

Persyaratan BINA MARGA	Variasi Temperatur Pemadatan ( ° C )				
	100	110	120	130	140
Stabilitas ≥ 500 kg					
Flow ( 2 - 4 )					
VITM ( 3% - 6% )					
VFWA ( 75% - 82% )					
MQ (180 -500 kg/mm )					

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII

Dari tabel 6.14 di atas dapat dijelaskan bahwa temperatur pemadatan untuk campuran HRS B yang memenuhi persyaratan Bina Marga adalah pada temperatur pemadatan 120° C - 140° C. Hal ini berarti bahwa pemadatan yang dilakukan ( *Breakdown Rolling* ) harus sudah dilaksanakan pada rentang temperatur 120° C hingga 140° C, apabila pemadatan dilaksanakan dibawah temperatur tersebut akan menyebabkan terjadinya penurunan nilai-nilai Marshall sehingga mutu perkerasan tidak memenuhi persyaratan. Hasil ini juga memenuhi temperatur pemadatan minimal untuk campuran HRS B sebesar 120° C.

#### 6.4. Modulus Kekakuan

Nilai kekakuan bitumen ( *Stiffness modulus of bitument* ) tergantung pada lama pembebanan dan temperatur. Kekakuan bitumen akan berpengaruh pada kekakuan campuran yang selanjutnya akan mempengaruhi kemampuan menyebarkan beban lapis perkerasan. Pada bab ini akan ditinjau nilai kekakuan



bitumen dan kekakuan campuran dengan metode Shell dan metode Heukellom and Klomp.

#### 6.4.1 Kekakuan Bitumen ( *Bitumen Stiffness* )

Nilai kekakuan Bitumen ( *Stiffness modulus of bitument* ) yaitu perbandingan antara tegangan dan regangan pada bitumen yang besarnya tergantung pada temperatur dan lama pembebanan. Pada perhitungan nilai kekakuan bitumen digunakan parameter yang disesuaikan dengan kondisi alam dan karakteristik lalu lintas di Indonesia maka dapat ditetapkan berikut ini.

1. Temperatur perkerasan (  $T$  ) yang digunakan adalah temperatur perkerasan rata-rata di Indonesia yaitu  $35^{\circ} \text{C}$ .
2. Panjang jejak roda kendaraan (  $l$  ) diasumsikan sebesar 25 cm.
3. Kecepatan kendaraan (  $v$  ) diasumsikan sebesar 50 km/jam

Metode yang digunakan dalam perhitungan adalah dengan menggunakan nomogram Van Der Pool dan persamaan yang diturunkan oleh Ullidz.

##### 6.4.1.1 Kekakuan Bitumen dengan Menggunakan Nomogram Van Der Pool

Contoh Perhitungan :

- a.  $t = l/v$  ( detik )  
 $= 0,25 \cdot 3600 / 50000$   
 $= 0,018$  detik.
- b. Titik Lembek Aspal =  $49^{\circ} \text{C}$
- c. Penetrasi aspal pada temperatur  $25^{\circ} \text{C}$  (  $P_i$  ) = 65 ( 0,1 mm )
- d. Temperatur antara (  $T_{rb} - T$  ) $^{\circ} = 49 - 35 = 14^{\circ} \text{C}$
- e. *Penetration Index* (  $P_{Ir}$  )

$$P_{Ir} = \frac{27 \log P_i - 21,65}{.76,35 \log P_i - 232,82}$$

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

$$P_{Pr} = -0,289$$

Dari data ( a ), ( d ) dan ( e ) dapat dicari nilai kekakuan bitumen dengan menggunakan nomogram Van Der Pool ( gambar 3.1 ) sehingga diperoleh nilai kekakuan bitumen ( S bit ) sebesar  $2 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$ .

#### 6.4.1.2 Kekakuan Bitumen dengan Menggunakan Persamaan Ullidz

$$P_r = 0,65 P_i$$

$$= 0,65 \cdot 65$$

$$= 42,25 \text{ ( 0,1 mm )}$$

$$S_{Pr} = 98,4 - 26,35 \log P_r$$

$$= 98,4 - 26,35 \log 42,25$$

$$= 55,56 \text{ ( 0,1 mm )}$$

$$S_b = 1,157 \cdot 10^{-7} \cdot t^{-0,368} \cdot 2,718^{-P_{Pr}} \cdot (S_{Pr} - T)^5$$

$$= 1,157 \cdot 10^{-7} \cdot 0,018^{-0,368} \cdot 2,718^{-(-0,289)} \cdot (55,56 - 35)^5$$

$$= 2,488895832 \text{ Mpa}$$

$$= 2,48 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$$

Dilihat dari kedua hasil tersebut diatas untuk mencari nilai kekakuan bitumen baik yang menggunakan nomogram Van Der Pool maupun dengan menggunakan persamaan Ullidz didapatkan hasil yang tidak jauh berbeda.

Nilai kekakuan bitumen yang didapat akan semakin mengecil apabila dipakai temperatur perkerasan yang semakin tinggi. Hal ini sesuai dengan sifat dari bitumen yaitu bersifat *thermoplastic* dimana semakin tinggi temperatur bitumen

maka viscositasnya semakin menurun sehingga modulus kekakuan bitumen akan menurun.

Sedangkan pada temperatur yang sama tetapi dipakai kecepatan kendaraan yang berbeda akan menghasilkan nilai yang berbeda pula. Semakin besar kecepatan kendaraan akan semakin besar pula modulus kekakuan yang terjadi. Hal ini berhubungan dengan bitumen yang bersifat *rheologic* yaitu hubungan antara tegangan dan regangan yang dipengaruhi oleh waktu.

#### 6.4.2 Kekakuan Campuran ( *Mix Stiffness* )

Kekakuan campuran adalah perbandingan antara tegangan dan regangan pada campuran aspal beton yang besarnya tergantung pada temperatur dan lamanya pembebanan. Metode yang digunakan dalam menentukan kekakuan campuran pada penelitian ini adalah dengan metode Shell dan metode Heukelom dan Klom.

##### 6.4.2.1 Kekakuan Campuran dengan Metode Shell

Sebagai contoh perhitungan, digunakan data dari sampel benda uji untuk campuran IRS B dengan kadar aspal 6,5 %. Data yang diperlukan tersebut adalah seperti dibawah ini.

- Kekakuan bitumen (  $S_{bit}$  ) =  $2 \cdot 10^6$  N/m<sup>2</sup>
- Perbandingan berat agregat dengan berat total campuran (  $M_A$  ) = 93,5 %
- Perbandingan berat bitumen dengan berat total campuran (  $M_B$  ) = 6,5 %
- Berat jenis campuran agregat (  $G_a$  ) = 2,713
- Berat jenis bahan ikat aspal (  $G_b$  ) = 1,054

- Berat volume campuran padat ( $\gamma_m$ ) = 2,310 T/m<sup>3</sup>
- Berat volume air ( $\gamma_w$ ) = 1,0 T/m<sup>3</sup>

$$\begin{aligned}\gamma_{\max} &= \frac{100 \cdot \gamma_w}{(M_B / G_b) + (M_A / G_a)} \\ &= \frac{100 \cdot 1,0}{(6,5 / 1,054) + (93,5 / 2,713)} \\ &= 2,461 \text{ T/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_v &= \frac{(\gamma_{\max} - \gamma_m) \cdot 100}{\gamma_{\max}} \\ &= \frac{(2,461 - 2,310) \cdot 100}{2,461} \\ &= 6,143 \%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_b &= \frac{(100 - V_v) \cdot (M_B / G_b)}{(M_B / G_b) + (M_A / G_a)} \\ &= \frac{(100 - 6,143) \cdot (6,5 / 1,054)}{(6,5 / 1,054) + (93,5 / 2,713)} \\ &= 14,245 \%\end{aligned}$$

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

$$V_g = 100 \% - 6,143 \% - 14,245 \%$$

$$= 79,611 \%$$

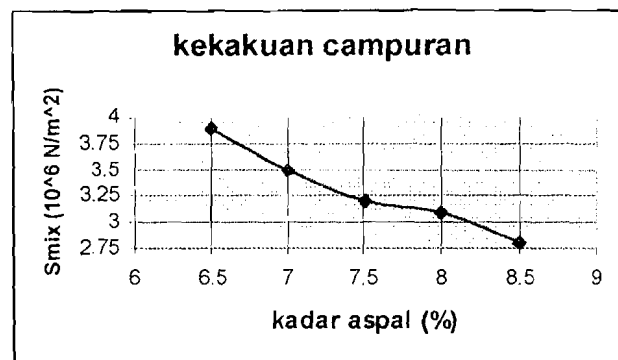
Dari hasil perhitungan diatas, dapat diketahui nilai kekakuan campuran dengan nomogram Shell pada gambar 3.3 maka diperoleh nilai kekakuan campuran ( $S_{mix}$ ) sebesar  $3,90 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2$

Hasil perhitungan selengkapnya pada kekakuan campuran HRS B terhadap variasi kadar aspal dan campuran HRS B yang menggunakan Serat selulosa

Tabel 6.15 Perhitungan Kekakuan Campuran HRS B Metode Shell

Campuran HRS B	Vv (%)	Vb (%)	Vg (%)	Smix ( N/m <sup>2</sup> )
Kadar Aspal 6,5 %	6,143	14,245	79,611	3,90 . 10 <sup>6</sup> N./m <sup>2</sup>
" 7,0 %	5,514	15,335	79,151	3,50 . 10 <sup>6</sup> N./m <sup>2</sup>
" 7,5 %	3,978	16,579	79,441	3,20 . 10 <sup>6</sup> N./m <sup>2</sup>
" 8,0 %	3,219	17,700	79,079	3,10 . 10 <sup>6</sup> N./m <sup>2</sup>
" 8,5 %	2,919	18,733	78,346	2,80 . 10 <sup>6</sup> N./m <sup>2</sup>
7,375 % ( Tanpa Serat )	5,381	16,093	78,254	2,90 . 10 <sup>6</sup> N./m <sup>2</sup>
7,375 % ( Serat )	8,097	15,673	76,228	2,85 . 10 <sup>6</sup> N./m <sup>2</sup>

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII



Gambar 6.8 Grafik hubungan kekakuan campuran menggunakan metode Shell dengan kadar aspal campuran HRS-B

#### 6.4.2.2 Kekakuan Campuran dengan Metode Heukellom dan Klomp

Metode ini merupakan cara analitis yang diturunkan oleh Heukellom dan Klomp berdasarkan data-data dari suatu campuran. Sebagai contoh perhitungan, digunakan sampel benda uji untuk campuran HRS B dengan kadar aspal 6,5 % dengan data campuran seperti dibawah ini.

- Prosentase volume pori ( Vv ) = 6,143 %
- Prosentase volume bitumen ( Vb ) = 14,245 %
- Prosentase volume agregat ( Vg ) = 79,611 %

$$Cv = \frac{Vg}{Vg + Vb}$$

$$= \frac{79,611}{79,611 + 14,245}$$

$$= 0,848$$

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

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

$$= \frac{0,848}{1 + 0,01(6,143 - 3)}$$

$$= 0,822$$

$$C_b = \frac{V_b}{V_g + V_b}$$

$$= \frac{14,245}{79,611 + 14,245}$$

$$= 0,151$$

Syarat  $C_b > 2/3 \cdot (1 - C_v')$

$$C_b > 2/3 \cdot (1 - 0,822)$$

$$0,151 > 0,101$$

$$n = 0,83 \log (4 \cdot (10^{10}/S_{bit}))$$

$$= 0,83 \log (4 \cdot \frac{10^{10}}{S_{bit}})$$

$$= 3,070$$

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

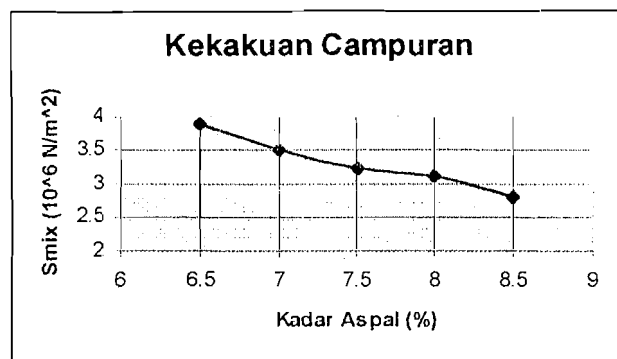
$$= 2 \cdot 10^6 \left[ 1 + \frac{2,5}{3,070} \cdot \frac{0,822}{(1 - 0,822)} \right]^{3,070}$$

$$= 3,85 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2$$

Tabel 6.16 Perhitungan Kekakuan Campuran HRS B Metode Heukellom dan Klomp

Campuran HRS B	Cv	Cv'	Cb	Smix ( N/m <sup>2</sup> )
Kadar Aspal 6,5 %	0,848	0,822	0,151	3,90 . 10 <sup>6</sup> N/m <sup>2</sup>
" 7,0 %	0,837	0,817	0,162	3,16 . 10 <sup>6</sup> N/m <sup>2</sup>
" 7,5 %	0,827	0,819	0,172	2,63 . 10 <sup>6</sup> N/m <sup>2</sup>
" 8,0 %	0,817	0,815	0,182	2,22 . 10 <sup>6</sup> N/m <sup>2</sup>
" 8,5 %	0,807	0,807	0,192	1,89 . 10 <sup>6</sup> N/m <sup>2</sup>
7,375 % ( Tanpa Serat )	0,829	0,810	0,170	2,75 . 10 <sup>6</sup> N/m <sup>2</sup>
7,375 % ( Serat )	0,829	0,781	0,170	2,73 . 10 <sup>6</sup> N/m <sup>2</sup>

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII



Gambar 3.9 Grafik hubungan kekakuan campuran menggunakan metode Heukellom dan Klomp

Dari tabel 6.15 dan tabel 6.16 terlihat bahwa nilai kekakuan untuk campuran HRS B yang ditambah Serat Selulosa lebih rendah jika dibandingkan dengan campuran HRS B tanpa Serat Selulosa, hal ini akibat fungsi Serat Selulosa mengakibatkan kekentalan aspal menjadi tinggi atau tingkat kecairan dari aspal menjadi berkurang sehingga apabila dipadatkan akan menjadi lebih sulit dan kurang rapat dengan demikian volume pori dalam campuran menjadi lebih banyak sedangkan disisi lain fungsi Serat Selulosa dapat menyebabkan ketahanan aspal terhadap perubahan temperatur menjadi baik akibatnya kekentalan aspal mengalami perubahan secara lambat.

## BAB VII

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 7.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang dilakukan serta batasan masalah yang ada, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Pengaruh penurunan temperatur pemadatan optimum akan menghasilkan perilaku campuran yang bervariasi. Campuran HRS B yang ditambah Serat Selulosa juga menghasilkan perilaku campuran yang berbeda pula terhadap campuran HRS B yang tidak ditambah dengan Serat Selulosa. Karakteristik kedua campuran dengan menurunnya temperatur pemadatan dari  $140^{\circ}\text{C}$  sampai temperatur  $100^{\circ}\text{C}$  menghasilkan :
  - a. Nilai VITM semakin kecil dengan naiknya temperatur pemadatan baik campuran HRS B yang ditambah Serat Selulosa maupun yang tidak ditambah Serat Selulosa, dimana dari temperatur  $100^{\circ}\text{C}$  sampai  $140^{\circ}\text{C}$  nilai VITM campuran HRS B masih memenuhi persyaratan dari Bina Marga, sedangkan nilai VITM campuran HRS B yang ditambah Serat Selulosa tidak memenuhi spesifikasi dalam hal ini jauh diatas nilai persyaratan Bina Marga.
  - b. Nilai Stabilitas semakin tinggi dengan naiknya temperatur pemadatan baik campuran HRS B yang ditambah Serat Selulosa maupun yang tidak



ditambah Serat Selulosa, dimana nilai stabilitas pada campuran HRS B tanpa Serat Selulosa mencapai optimum pada temperatur  $130^{\circ}\text{C}$  sebesar 1392,70 kg, sedangkan nilai stabilitas pada campuran HRS B ditambah Serat Selulosa masih mengalami kenaikan sampai optimum pada temperatur  $140^{\circ}\text{C}$  sebesar 1374,33 kg. Nilai Stabilitas kedua campuran secara umum memenuhi persyaratan Bina Marga diatas 500 kg.

- c. Nilai kelelehan ( *flow* ) semakin rendah dengan semakin naiknya temperatur pemadatan baik campuran HRS B tanpa Serat Selulosa maupun campuran HRS B ditambah Serat Selulosa dan mengalami penurunan nilai *flow* hingga optimum pada temperatur  $130^{\circ}\text{C}$  sebesar 2,40 mm untuk campuran tanpa Serat Selulosa dan 2,10 untuk campuran dengan Serat Selulosa, setelah itu mengalami kenaikan nilai *flow*. Nilai *flow* untuk kedua campuran secara keseluruhan memenuhi persyaratan Bina Marga yaitu sebesar 2 – 4 mm.
- d. Nilai VFWA semakin besar dengan naiknya temperatur pemadatan baik campuran HRS B dengan dan tanpa Serat Selulosa, namun kedua campuran memiliki nilai VFWA yang berbeda, dimana nilai VFWA pada campuran HRS B ditambah Serat Selulosa lebih rendah dibanding nilai VFWA pada campuran tanpa Serat Selulosa bahkan tidak memenuhi persyaratan dari Bina marga, sedangkan nilai VFWA pada campuran HRS B tanpa Serat Selulosa masih memenuhi persyaratan dari Bina Marga pada temperatur pemadatan  $120^{\circ}\text{C}$  sampai  $140^{\circ}\text{C}$ .

- e. Nilai Marshall Qoutient ( MQ ) semakin besar dengan naiknya temperatur pemadatan baik campuran yang tidak ditambah Serat Selulosa maupun yang ditambah Serat Selulosa, dimana nilai MQ pada campuran HRS B tanpa Serat Selulosa mencapai optimum pada temperatur pemadatan 130° C sebesar 486,69 kg/mm dan setelah itu mengalami penurunan nilai MQ sedangkan nilai MQ pada campuran HRS B dengan Serat Selulosa terus mengalami kenaikan sampai pada temperatur 140° C sebesar 536,84 kg/mm. Nilai Marshall Qoutient pada campuran HRS B tanpa Serat Selulosa memenuhi persyaratan Bina Marga sedangkan campuran HRS B ditambah Serat Selulosa masih memenuhi persyaratan pada temperatur 100° C sampai 130° C.
- f. Nilai modulus kekakuan campuran pada campuran HRS B ditambah Serat Selulosa menghasilkan kekakuan yang lebih rendah dibanding campuran yang tidak ditambah Serat selulosa, hal ini karena Serat Selulosa mempengaruhi kekentalan aspal dan campuran kurang rapat.
2. Temperatur pemadatan campuran HRS B yang tidak ditambah Serat selulosa yang memenuhi spesifikasi Bina Marga adalah pada temperatur pemadatan 120° C sampai 140° C.
  3. Penambahan Serat Selulosa pada campuran HRS B tidak dapat menaikkan nilai-nilai marshall dan tidak memenuhi spesifikasi sehingga tidak dapat dijadikan parameter dalam perencanaan temperatur pemadatan.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Asphalt Institut, **"Principle of Construction of Hot-Mix Asphalt Pavement"**, Manual Series No.22, Januari 1983.
2. Asphalt Insitut, **"Hot Mix Asphalt Material Mixture Design and Construction"**, 1991.
3. Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Bina Marga, Central Quality Control & Monitoring Unit, **"Manual supervisi lapangan untuk pengendalian mutu pada kontrak pemeliharaan dan peningkatan jalan**, Agustus 1988.
4. Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Bina Marga, Central Quality Control & Monitoring Unit, **"Aspal campuran panas dengan durabilitas tinggi"**, Agustus 1988.
5. Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Bina Marga, **Petunjuk Pelaksanaan Lapis Tipis Aspal Beton ( LATASTON ) No. 12/PT/B/1983**, Badan Penerbit PU, Jakarta 1983.
6. Departemen Pekerjaan Umum, Pusat Litbang Jalan, **Laporan penelitian Serat Selulosa CF-31500 No.23.9o2.013.JPK.20.KOT**, Bandung, 2000.
7. E.J Yoder and M.W.Witzak, **"Principile of Pavement Design"**, 1975.
8. Henugroho Puji Pamungkas dan Muhammad Ihsan Harahap, **"Pengaruh Suhu Pematatan Pada Campuran HRS – B Yang Menggunakan Filler Portland Cement Terhadap Workabilitas Dan Sifat-Sifat Marshall"**, Tugas Akhir Program S-1, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas

Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, 1995.

9. Indra Lesmana dan Suharjono, "**Perbandingan Agregat Halus Kali Krasak dan Agregat Halus Kali Progo Hasil Stone Crusher Pada Campuran Split Mastik Aspal Ditambah Serat Selulosa**", Tugas Akhir Program S-1, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, 1997.
10. Kerbs RD and Walker RD, "**Highway Material**", McGraw Hill Book Company, 1971.
11. S.F.Brown and Janet M. Brunton, "**AN Introduction To The Analytical Design of Bituminous Pavements**", Departement of Civil Engineering, University of Nottingham, 1987
12. Shell, "**Shell Pavement Design Manual**", Shell Internasional Petroleum Company Limited, London, 1978.
13. Silvia Sukirman, "**Perkerasan Lentur Jalan Raya**", Penerbit Nova, Bandung 1999.
14. "**Transportation Research Record 1095**", 1995.
15. Wallace and Rogers J, "**Asphalt Pavement Engineering**", MC Graw Hill Book Company, 1967.

# LAMPIRAN



**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042 Yogyakarta 55584

**PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS**

Contoh dari : Clereng Kulon Progo

Dikerjakan oleh : Robert & Wiwin

Jenis contoh : Agregat Halus

Diperiksa oleh : Sukamto

Diuji tanggal : 29 Januari 2002

Untuk proyek : Tugas Akhir

Keterangan	Benda Uji	
	I	II
Berat benda uji dalam keadaan basah jenuh / SSD	500 gram	
Berat vicnometer + Air ( B )	635 gram	
Berat vicnometer + Air + Benda uji ( BT )	955 gram	
Berat sampel kering oven ( BK )	490 gram	
$Berat\ jenis = \frac{BK}{(B+500-BT)}$	2.720	
$Berat\ jenis\ SSD = \frac{500}{(B+500-BT)}$	2.770	
$Berat\ jenis\ semu = \frac{BK}{(B+BK-BT)}$	2.880	
$Penyerapan = \frac{(500-BK)}{BK} \times 100\%$	2.040 %	

Yogyakarta, 27 Februari 2002

Ka. Op. Lab. Jalan Raya

Ir. Iskandar S, MT



**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042 Yogyakarta 55584

**PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR**

Contoh dari : Clereng Kulon Progo

Dikerjakan oleh : Robert & Wiwin

Jenis contoh : Agregat kasar

Diperiksa oleh : Sukanto

Diuji tanggal : 24 Januari 2002

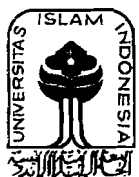
Untuk proyek : Tugas Akhir

Keterangan	Benda Uji	
	I	II
Berat benda uji dalam keadaan basah jenuh / SSD ( BJ )	1510 gram	
Berat benda uji dalam air ( BA )	963 gram	
Berat sampel kering oven ( BK )	1480 gram	
$Berat\ jenis\ (Bulk) = \frac{BK}{(BJ - BA)}$	2.705	
$Berat\ jenis\ SSD = \frac{BJ}{(BJ - BA)}$	2.760	
$Berat\ jenis\ semu = \frac{BK}{(BK - BA)}$	2.860	
$Penyerapan = \frac{(BJ - BK)}{BK} \times 100\%$	2.02 %	

Yogyakarta, 27 Februari 2002

☞ Ka. Op. Lab. Jalan Raya

Ir. Iskandar S, MT



**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042 Yogyakarta 55584

**PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT (ABRASI TEST)**  
**AASHTO T 96-97**

Contoh dari : Clereng Kulon Progo

Dikerjakan oleh : Robert & Wiwin

Jenis contoh : Batu Pecah


Diperiksa oleh : Sukamto

Diuji tanggal : 23 Januari 2002

Untuk proyek : Tugas Akhir

Jenis Gradasi		Benda Uji	
Saringan		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 ( ¾" )		
19,0 mm ( ¾" )	12,5 mm ( 0,5" )	2500 gr	
12,5 mm ( 0,5" )	9,5 mm ( 3/8" )	2500 gr	
9,5 mm ( 3/8" )	6,3 mm ( ¼" )		
6,3 mm ( ¼" )	4,75 mm ( # 4 )		
4,75 mm ( # 4 )	2,36 mm ( # 8 )		
Jumlah benda uji ( A )		5000 gr	
Jumlah tertahan di sieve ( B )		3638 gr	
$Keausan = \frac{(A-B)}{A} \times 100\%$		27,24 %	

Yogyakarta, 27 Februari 2002

 Ka. Op. Lab. Jalan Raya

Ir. Iskandar S, MT





**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042 Yogyakarta 55584

**PEMERIKSAAN KELEKATAN AGREGAT TERHADAP ASPAL**

Contoh dari : Clereng Kulon Progo

Dikerjakan oleh : Robert & Wiwin

Jenis contoh : Batu Pecah

Diperiksa oleh : Sukamto

Diuji tanggal : 23 Januari 2002

Untuk proyek : Tugas Akhir

Pernanasan Sampel	Pembacaan Suhu	Pembacaan Waktu
Mulai pemanasan	26 °C	11.50 WIB
Selesai Pemanasan	110 °C	11.55 WIB
Didiamkan pada suhu ruang		
Mulai	110 °C	11.55 WIB
Selesai	26 °C	10.00 WIB
Diperiksa		
Mulai	26 °C	10.45 WIB
Selesai	26 °C	10.50 WIB

**HASIL PENGAMATAN**

Benda Uji	Prosen yang diselimuti oleh aspal
I	100 %
II	
Rata - rata	

Yogyakarta, 27 Februari 2002

☒ Ka. Op. Lab. Jalan Raya

\_\_\_\_\_  
 Ir. Iskandar S, MT



**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042 Yogyakarta 55584

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

Contoh dari : Clereng Kulon Progo

Dikerjakan oleh : Robert & Wiwin

Jenis contoh : Batu Pecah

Diperiksa oleh : Sukamto

Diuji tanggal : 24 Januari 2002

Untuk proyek : Tugas Akhir

Trial Number		Benda Uji I	Benda Uji II
Seaking ( 10,1 min )	Start	12.55 WIB	
	Stop	13.00 WIB	
Sedimentation time ( 20 min – 15 sec )	Start	13.00 WIB	
	Stop	13.20 WIB	
Clay reading		4,6	
Sand reading		3,9	
$SE = \frac{\text{Sand reading}}{\text{Clay reading}} \times 100\%$		84,78 %	
Average sand equivalent			
Remark Kadar Lumpur = 100 % - 84,78 % = 15,22 %			

Yogyakarta, 27 Februari 2002  
 Ka. Op. Lab. Jalan Raya

Ir. Iskandar S, MT



**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042 Yogyakarta 55584

**PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL**

Contoh dari : Lab Jalan Raya FTSP UII

Dikerjakan oleh : Robert & Wiwin

Jenis contoh : AC 60-70

Diperiksa oleh : Sukanto

Diuji tanggal : 23 Januari 2002

Untuk proyek : Tugas Akhir

No	Urutan Pemeriksaan	Berat
1	Beerat vicnometer kosong	16.41 gram
2	Berat vicnometer + Aquadest	39.48 gram
3	Berat air ( 2 - 1 )	23.07 gram
4	Berat vicnometer + Aspal	18.45 gram
5	Berat aspal ( 4 - 1 )	2.04 gram
6	Berat vicnometer + Aspal + Aquadest	39.585 gram
7	Berat airnya saja ( 6 - 4 )	21.135 gram
8	Volume aspal ( 3 - 7 )	1.935 cc
9	Berat jenis aspal : berat/volume ( 5/8 )	1.054

Yogyakarta, 27 Februari 2002  
 Ka. Op. Lab. Jalan Raya

Ir. Iskandar S, MT



**LABORATORIUM JALAN RAYA  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042 Yogyakarta 55584

## PEMERIKSAAN TITIK NYALA DAN TITIK BAKAR

Contoh dari : Lab. Jalan Raya FTSP UII

Dikerjakan oleh : Robert & Wiwin

Jenis contoh : AC 60-70

Diperiksa oleh : Sukamto

Diuji tanggal : 26 Januari 2002


Untuk proyek : Tugas Akhir

Pemanasan Sampel	Pembacaan Suhu	Pembacaan Waktu
Mulai pemanasan	26 °C	9.50 WIB
Selesai Pemanasan	110 °C	10.13 WIB
Didiamkan pada suhu ruang		
Mulai	110 °C	10.13 WIB
Selesai	50 °C	10.53 WIB
Diperiksa		
Mulai	46 °C	10.58 WIB
Selesai	348 °C	11.32 WIB

### HASIL PENGAMATAN

Cawan	Titik Nyala	Titik Bakar
I	340 °C	348 °C
II		
Rata - rata		

Yogyakarta, 27 Februari 2002

 Ka. Op. Lab. Jalan Raya

Ir. Iskandar S, MT



**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042 Yogyakarta 55584

### PEMERIKSAAN TITIK LEMBЕК ASPAL

Contoh dari : Lab Jalan Raya FTSP UII

Dikerjakan oleh : Robert & Wiwin

Jenis contoh : AC 60-70

Diperiksa oleh : Sukamto

Diuji tanggal : 26 Januari 2002

Untuk proyek : Tugas Akhir

Pemanasan Sampel	Pembacaan Suhu	Pembacaan Waktu
Mulai pemanasan	26 °C	9.50 WIB
Selesai Pemanasan	110 °C	10.13 WIB
Didiamkan pada suhu ruang		
Mulai	110 °C	10.13 WIB
Selesai	25 °C	13.00 WIB
Diperiksa		
Mulai	10 °C	13.00 WIB
Selesai	51 °C	12.12 WIB

### HASIL PENGAMATAN

No	Suhu Yang Diamati (°C)	Waktu ( detik )		Titik Lembek	
		I	II	I	II
1	5	00.00	00.00	48,5 °C	49 °C
2	10	00.00	00.00		
3	15	04.15	04.15		
4	20	08.00	08.00		
5	25	10.45	10.45		
6	30	13.00	13.00		
7	35	16.00	16.00		
8	40	19.45	19.45		
9	45	21.30	21.30		
10	46	21.30	22.00		
11	50	-	-		

Yogyakarta, 27 Februari 2002

Ka. Op. Lab. Jalan Raya

Ir. Iskandar S, MT



**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042 Yogyakarta 55584

**PEMERIKSAAN DAKTILITAS ( DUCTILITY ) / RESIDU**

Contoh dari : Lab Jalan Raya FTSP UII

Dikerjakan oleh : Robert & Wiwin

Jenis contoh : AC 60-70

Diperiksa oleh : Sukamto


Diuji tanggal : 28 Januari 2002

Untuk proyek : Tugas Akhir

Persiapan benda uji	Contoh dipanaskan	15 menit	Pembacaan suhu oven $\pm 135\text{ }^{\circ}\text{C}$
Mendinginkan benda uji	Didiamkan pada suhu ruang	60 menit	
Perendaman benda uji	Direndam dalam Water Bath pada suhu $25\text{ }^{\circ}\text{C}$	30 menit	Pembacaan suhu Water Bath $\pm 25\text{ }^{\circ}\text{C}$
Pemeriksaan	Daktilitas pada $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 5 cm permenit	20 menit	Pembacaan suhu alat $\pm 25\text{ }^{\circ}\text{C}$

Daktilitas pada $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 5 cm permenit	Pembacaan pengukur pada alat ( cm )
Pengamatan I	127.0
Pengamatan II	128.0
Rata - rata	127.5

Yogyakarta, 27 Februari 2002

 Ka. Op. Lab. Jalan Raya

Ir. Iskandar S, MT



**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042 Yogyakarta 55584

**PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL**

Contoh dari : Lab Jalan Raya FTSP UII

Dikerjakan oleh : Robert & Wiwin

Jenis contoh : AC 60-70

Diperiksa oleh : Sukamto

Diuji tanggal : 26 Januari 2002

Untuk proyek : Tugas Akhir

Pemanasan Sampel	Pembacaan Suhu	Pembacaan Waktu
Mulai pemanasan	26 °C	9.50 WIB
Selesai Pemanasan	110 °C	10.13 WIB
Didiamkan pada suhu 25 °C		
Mulai	110 °C	10.13 WIB
Selesai	26 °C	11.30 WIB
Direndam air dengan suhu 25 °C		
Mulai	26 °C	11.43 WIB
Selesai	26 °C	12.43 WIB
Diperiksa		
Mulai	25 °C	12.40 WIB
Selesai	25 °C	13.00 WIB

**HASIL PENGAMATAN**

No	Cawan I	Cawan II	Sket Hasil Pemeriksaan
1	69	65	
2	65	63	
3	60	67	
4	65	65	
5	61	65	
Rerata	65	65	

Yogyakarta, 27 Februari 2002

Ka. Op. Lab. Jalan Raya

Ir. Iskandar S, MT



**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042 Yogyakarta 55584

**PEMERIKSAAN KELARUTAN DALLAM CCL<sub>4</sub> ( SOLUBILITY )**

Contoh dari : Lab Jalan Raya FTSP UII

Dikerjakan oleh : Robert & Wiwin

Jenis contoh : AC 60-70

Diperiksa oleh : Sukamto


Diuji tanggal : 25 Januari 2002

Untuk proyek : Tugas Akhir

	Dipanaskan	Pembacaan Waktu	Pembacaan suhu
Pembukaan contoh	Mulai		
	Selesai		
	Pemeriksaan		
Penimbangan	Mulai	13.20 WIB	
Pelarutan	Mulai	13.35 WIB	
Penyaringan	Mulai	13.55 WIB	
	Selesai	13.58 WIB	
Di oven	Mulai	13.58 WIB	
Penimbangan	selesai	13.05 WIB	

1	Berat botol erlenmeyer kosong	73.49 gram
2	Berat erlenmeyer + aspal	76.19 gram
3	Berat aspal ( 2 - 1 )	2.70 gram
4	Berat kertas saringan bersih	0.63 gram
5	Berat kertas saringan + endapan	0.64 gram
6	Berat endapan ( 5 - 4 )	0.01 gram
7	Persentase endapan ( 6/3 x 100% )	0.37 %
8	Bitumen yang larut ( 100% - 7 )	99.63 %

Yogyakarta, 27 Februari 2002

 Ka. Op. Lab. Jalan Raya

Ir. Iskandar S, MT





**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042 Yogyakarta 55584

Contoh dari : Clereng, Kulon Progo  
 Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir  
 Jenis Agregat : CA, FA dan FF

**ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS**

No. Saringan		Berat Tertahan (gr)		Jumlah Persen (%)		Spesifikasi (%)	
mm	inch	Tertahan	Jumlah	Tertahan	Lolos	Min	Max
19,0	¾"	0	0	0	100	97	100
12,5	½"	168,30	168,30	15	85	70	100
9,50	3/8"	179,52	347,82	31	69	58	80
4,75	# 4	157,08	504,90	45	55	50	60
2,36	# 8	22,44	527,34	47	53	46	60
0,60	# 30	168,30	695,64	62	38	16	60
0,30	# 50	100,98	796,62	71	29	10	48
0,15	# 100	168,30	964,92	86	14	3	26
0,075	# 200	100,98	1065,90	95	5	2	8
	PAN	56,10	1122,00	100	0		

Keterangan : Kadar aspal 6,5 %  
 Tanggal : 21 Januari 2002  
 Diperiksa oleh : Robert & Wiwin

Yogyakarta, 27 Februari 2002  
 Ka. Op. Lab. Jalan Raya

Ir. Iskandar S, MT



**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042 Yogyakarta 55584

Contoh dari : Clereng, Kulon Progo  
 Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir  
 Jenis Agregat : CA, FA dan FF

**ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS**

No. Saringan		Berat Tertahan (gr)		Jumlah Persen (%)		Spesifikasi (%)	
mm	inch	Tertahan	Jumlah	Tertahan	Lolos	Min	Max
19,0	¾"	0	0	0	100	97	100
12,5	½"	167,40	167,40	15	85	70	100
9,50	3/8"	178,56	345,96	31	69	58	80
4,75	# 4	156,24	502,20	45	55	50	60
2,36	# 8	22,32	524,52	47	53	46	60
0,60	# 30	167,40	691,92	62	38	16	60
0,30	# 50	100,44	792,36	71	29	10	48
0,15	# 100	167,40	959,76	86	14	3	26
0,075	# 200	100,44	1060,20	95	5	2	8
	PAN	55,80	1116,00	100	0		

Keterangan : Kadar aspal 7,0 %  
 Tanggal : 21 Januari 2002  
 Diperiksa oleh : Robert & Wiwin

Yogyakarta, 27 Februari 2002  
 Ka. Op. Lab. Jalan Raya

Ir. Iskandar S, MT



**LABORATORIUM JALAN RAYA  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042 Yogyakarta 55584

Contoh dari : Clereng, Kulon Progo  
Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir  
Jenis Agregat : CA, FA dan FF

### ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

No. Saringan		Berat Tertahan (gr)		Jumlah Persen (%)		Spesifikasi (%)	
mm	inch	Tertahan	Jumlah	Tertahan	Lolos	Min	Max
19,0	¾"	0	0	0	100	97	100
12,5	½"	166,50	166,50	15	85	70	100
9,50	3/8"	177,60	344,10	31	69	58	80
4,75	# 4	155,40	499,50	45	55	50	60
2,36	# 8	22,20	521,70	47	53	46	60
0,60	# 30	166,50	688,20	62	38	16	60
0,30	# 50	99,90	788,10	71	29	10	48
0,15	# 100	166,50	954,60	86	14	3	26
0,075	# 200	99,90	1054,50	95	5	2	8
	PAN	55,50	1110,00	100	0		

Keterangan : Kadar aspal 7,5 %  
Tanggal : 21 Januari 2002  
Diperiksa oleh : Robert & Wiwin

Yogyakarta, 27 Februari 2001  
Ka. Op. Lab. Jalan Raya

Ir. Iskandar S, MT



**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042 Yogyakarta 55584

Contoh dari : Clereng, Kulon Progo

Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir

Jenis Agregat : CA, FA dan FF

### ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

No. Saringan		Berat Tertahan ( gr )		Jumlah Persen (%)		Spesifikasi (%)	
mm	inch	Tertahan	Jumlah	Tertahan	Lolos	Min	Max
19,0	¾"	0	0	0	100	97	100
12,5	½"	165,60	165,60	15	85	70	100
9,50	3/8"	176,64	342,24	31	69	58	80
4,75	# 4	154,56	496,80	45	55	50	60
2,36	# 8	22,08	518,88	47	53	46	60
0,60	# 30	165,60	684,48	62	38	16	60
0,30	# 50	99,36	783,84	71	29	10	48
0,15	# 100	165,60	949,44	86	14	3	26
0,075	# 200	99,36	1048,80	95	5	2	8
	PAN	55,20	1104,00	100	0		

Keterangan : Kadar aspal 8,0 %

Tanggal : 21 Januari 2002

Diperiksa oleh : Robert & Wiwin

Yogyakarta, 27 Februari 2001

Ka. Op. Lab. Jalan Raya

Ir. Iskandar S, MT



**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042 Yogyakarta 55584

Contoh dari : Clereng, Kulon Progo

Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir

Jenis Agregat : CA, FA dan FF

### ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

No. Saringan		Berat Tertahan (gr)		Jumlah Persen (%)		Spesifikasi (%)	
mm	inch	Tertahan	Jumlah	Tertahan	Lolos	Min	Max
19,0	¾"	0	0	0	100	97	100
12,5	½"	164,70	164,70	15	85	70	100
9,50	3/8"	175,68	340,38	31	69	58	80
4,75	# 4	153,72	494,10	45	55	50	60
2,36	# 8	21,96	516,06	47	53	46	60
0,60	# 30	164,70	680,76	62	38	16	60
0,30	# 50	98,82	779,58	71	29	10	48
0,15	# 100	164,70	944,28	86	14	3	26
0,075	# 200	98,82	1043,10	95	5	2	8
	PAN	54,90	1098	100	0		

Keterangan : Kadar aspal 8,5 %

Tanggal : 21 Januari 2002

Diperiksa oleh : Robert & Wiwin

Yogyakarta, 27 Februari 2002

 Ka. Op. Lab. Jalaru Raya

Ir. Iskandar S, MT



## LABORATORIUM JALAN RAYA FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042 Yogyakarta 55584

Pekerjaan / Proyek : Tugas Akhir  
Jenis Campuran : Hot Rolled Sheet B 2 x 75 tumbukan

Tanggal : 31 Januari 2002  
Diperiksa oleh : Ir. Iskandar S, MT  
Di kerjakan oleh : Robert & Wiwin

### PERHITUNGAN MARSHALL TEST

Sample	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	MQ
1	63.7	6,95	6,5	1185	1189	679	510	2,324	2,461	14,33	80,077	5,593	19,923	71,924	5,586	426	1460,200	1458,010	1.60	911.25
2	64.3	6,95	6,5	1176	1182	668	514	2,288	2,461	14,11	78,851	7,040	21,149	66,715	7,032	311	1066,015	1004,719	2.30	436.83
3	64	6,95	6,5	1182	1186	676	510	2,318	2,461	14,29	79,875	5,832	20,125	71,019	5,825	280	959,756	972,5208	1.60	607.82
Rerata	64	6,95	6,5	1181	1186	674	511	2,310	2,461	14,24	79,601	6,155	20,399	69,886	6,148	339	1161,990	1178,781	1.83	644.14
4	63.5	7,527	7	1175	1180	674	506	2,322	2,443	15,42	79,601	4,976	20,399	75,604	4,947	507	1737,844	1718,988	3.70	464.60
5	64,6	7,527	7	1177	1182	671	511	2,303	2,443	15,30	78,957	5,746	21,043	72,694	4,117	445	1525,327	1450,204	3.70	391.94
6	63.7	7,527	7	1172	1180	671	509	2,303	2,443	15,29	78,930	5,778	21,070	72,578	5,749	404	1384,791	1380,429	1.80	766.90
Rerata	63.9	7,527	7	1175	1181	672	509	2,309	2,443	15,34	79,163	5,500	20,837	73,625	4,471	452	1549,320	1535,919	2.06	501.93

t = tebal benda uji

a = % aspal terhadap batuan  
b = % aspal terhadap campuran  
c = berat kering/sblm direndam (gr)  
d = berat dlm keadaan SSD (gr)  
e = berat didalam air (gr)  
f = Vol (isi) = d - e

h = B.J maksimum (teoritis)

$$\left\{ 100 : \left( \frac{\% \text{ aggr}}{\text{B.J Aggr}} + \frac{\% \text{ aspal}}{\text{B.J Aspal}} \right) \right\}$$

$$i = \frac{b \times g}{\text{B.J aspal}}$$

$$j = \frac{(100 - b) g}{\text{B.J agregat}}$$

k = (100-i-j) jumlah kandungan rongga

l = (100-j) rongga terhadap agregat

$$m = \left( 100 \times \frac{i}{l} \right) \text{rongga yang terisi aspal (VFWA)}$$

$$n = \text{rongga yang terisi campuran } 100 - \left( 100 \times \frac{g}{h} \right)$$

o = pembacaan arloji (stabilitas)

p = o x kalibrasi proving ring (kg)

r = FLOW (kelelahan plastis) (mm)

MQ = Marshall Quotient (kg/mm)

Suhu Pencampuran :  $\pm 160^{\circ}\text{C}$

Suhu Pemadatan :  $\pm 140^{\circ}\text{C}$

Suhu Water Bath :  $60^{\circ}\text{C}$

B.J. Aspal : 1.054

B.J. Agregat : 2.713

Tanda Tangan :



# LABORATORIUM JALAN RAYA FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042 Yogyakarta 55584

Pekerjaan / Proyek : Tugas Akhir  
Jenis Campuran : Hot Rolled Sheet B 2 x 75 tumbukan

Tanggal : 31 Januari 2002  
Diperiksa oleh : Ir. Iskandar S, MT  
Di kerjakan oleh : Robert & Wiwin

## PERHITUNGAN MARSHALL TEST

Sample	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	MQ
7	63,6	8,11	7,5	1178	1182	676	506	2,328	2,426	16,57	79,376	4,059	20,624	80,322	4,037	420	1439,634	1447,768	2.40	425.81
8	63,8	8,11	7,5	1181	1185	678	507	2,329	2,426	16,58	79,421	4,004	20,579	80,544	3,982	360	1233,972	1186,649	2.70	439.50
9	63	8,11	7,5	1182	1185	678	507	2,331	2,426	16,59	79,488	3,923	20,512	80,876	3,901	458	1569,887	1548,191	2.80	552.92
Rerata	63,5	8,11	7,5	1180	1184	677	507	2,33	2,426	16,58	79,428	3,995	20,572	80,581	3,973	413	1414,498	1461,176	2.46	493.64
10	62,9	8,696	8	1181	1183	676	507	2,329	2,409	17,68	78,991	3,328	21,009	84,158	3,305	325	1114,003	1150,765	2.35	489.68
11	63,4	8,696	8	1183	1185	677	508	2,329	2,409	17,68	78,969	3,355	21,031	84,046	3,332	395	1353,942	1327,337	2.60	510.51
12	62,7	8,696	8	1178	1180	676	504	2,337	2,409	17,74	79,260	3,000	20,74	85,536	2,976	380	1302,526	1341,081	2.70	496.69
Rerata	63	8,696	8	1181	1183	676	506	2,332	2,409	17,70	79,074	3,228	20,926	84,58	3,204	367	1256,823	1275,676	2.55	500.265

t = tebal benda uji

a = % aspal terhadap batuan

b = % aspal terhadap campuran

c = berat kering/sblm direndam (gr)

d = berat dlm keadaan SSD (gr)

e = berat didalam air (gr)

f = Vol (isi) = d - e

g = berat isi sampel =  $\frac{c}{f}$

h = B.J maksimum (teoritis)

$$\left\{ 100 : \left( \frac{\% \text{ aggr}}{\text{B.J Aggr}} + \frac{\% \text{ aspal}}{\text{B.J Aspal}} \right) \right\}$$

$$i = \frac{b \times g}{\text{B.J aspal}}$$

$$j = \frac{(100 - b) g}{\text{B.J agregat}}$$

k = (100-i-j) jumlah kandungan rongga

l = (100-j) rongga terhadap agregat

m =  $\left( 100 \times \frac{i}{l} \right)$  rongga yang terisi aspal (VFWA)

n = rongga yang terisi campuran  $100 - \left( 100 \times \frac{g}{h} \right)$

o = pembacaan arloji (stabilitas)

p = o x kalibrasi proving ring (kg)

r = FLOW (kelelahan plastis) (mm)

MQ = Marshall Quotient (kg/mm)

Suhu Pencampuran :  $\pm 160^{\circ}\text{C}$

Suhu Pemadatan :  $\pm 140^{\circ}\text{C}$

Suhu Water Bath :  $60^{\circ}\text{C}$

B.J. Aspal : 1.054

B.J. Agregat : 2.713

Tanda Tangan :



**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042 Yogyakarta 55584

Pekerjaan / Proyek : Tugas Akhir  
 Jenis Campuran : Hot Rolled Sheet B 2 x 75 tumbukan

Tanggal : 31 Januari 2002  
 Diperiksa oleh : Ir. Iskandar S, MT  
 Di kerjakan oleh : Robert & Wiwin

### PERHITUNGAN MARSHALL TEST

Sample	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	MQ
13	62,7	9,29	8,5	1174	1177	671	506	2,32	2,392	18,71	78,251	3,038	21,749	86,031	3,003	323	1107,147	1138,590	2.70	421.70
14	63,2	9,29	8,5	1180	1182	675	507	2,327	2,392	18,77	78,496	2,735	21,504	87,282	2,700	300	1028,310	1000,186	3.00	333.40
15	63,3	9,29	8,5	1177	1181	674	507	2,321	2,392	18,72	78,296	2,982	21,704	86,260	2,947	314	1076,298	1052,781	2.70	389.91
Rerata	63,1	9,29	8,5	1177	1180	673	507	2,323	2,392	18,73	78,347	2,918	21,653	86,524	2,884	312	1070,585	1032,237	2.80	368.65

t = tebal benda uji

a = % aspal terhadap batuan  
 b = % aspal terhadap campuran  
 c = berat kering/sblm direndam (gr)  
 d = berat dlm keadaan SSD (gr)

e = berat didalam air (gr)  
 f = Vol (isi) = d - e

g = berat isi sampel =  $\frac{c}{f}$

h = B.J maksimum (teoritis)

$$\left\{ 100 : \left( \frac{\% \text{ aggr}}{\text{B.J Aggr}} + \frac{\% \text{ aspal}}{\text{B.J Aspal}} \right) \right\}$$

$$i = \frac{b \times g}{\text{B.J aspal}}$$

$$j = \frac{(100 - b) g}{\text{B.J agregat}}$$

k = (100-i-j) jumlah kandungan rongga

l = (100-j) rongga terhadap agregat

m =  $\left( 100 \times \frac{i}{l} \right)$  rongga yang terisi aspal (VFWA)

n = rongga yang terisi campuran  $100 - \left( 100 \times \frac{g}{h} \right)$

o = pembacaan arloji (stabilitas)

p = o x kalibrasi proving ring (kg)

q = p x koreksi tebal sample (STABILITAS)

r = FLOW (kelelahan plastis) (mm)

MQ = Marshall Quotient (kg/mm)

Suhu Pencampuran :  $\pm 160^{\circ}\text{C}$

Suhu Pematatan :  $\pm 140^{\circ}\text{C}$

Suhu Water Bath :  $60^{\circ}\text{C}$

B.J. Aspal : 1.054

B.J. Agregat : 2.713

Tanda Tangan :

Ir. Iskandar S, MT





**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042 Yogyakarta 55584

Contoh dari : Clereng, Kulon Progo

Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir

Jenis Agregat : CA, FA dan FF

**ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS**

No. Saringan		Berat Tertahan (gr)		Jumlah Persen (%)		Spesifikasi (%)	
mm	inch	Tertahan	Jumlah	Tertahan	Lolos	Min	Max
19,0	¾"	0	0	0	100	97	100
12,5	½"	166,72	166,72	15	85	70	100
9,50	3/8"	177,84	344,56	31	69	58	80
4,75	# 4	155,61	500,17	45	55	50	60
2,36	# 8	22,23	522,40	47	53	46	60
0,60	# 30	166,73	689,13	62	38	16	60
0,30	# 50	100,03	789,16	71	29	10	48
0,15	# 100	166,73	955,89	86	14	3	26
0,075	# 200	100,03	1055,92	95	5	2	8
	PAN	55,58	1111,50	100	0		

Keterangan : Kadar aspal optimum tanpa Serat

Tanggal : 2 Februari 2002

Diperiksa oleh : Robert & Wiwin

Yogyakarta, 27 Februari 2002  
 Ka. Op. Lab. Jalan Raya

Ir. Iskandar S, MT



**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042 Yogyakarta 55584

Contoh dari : Clereng, Kulon Progo

Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir

Jenis Agregat : CA, FA dan FF

### ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

No. Saringan		Berat Tertahan (gr)		Jumlah Persen (%)		Spesifikasi (%)	
mm	inch	Tertahan	Jumlah	Tertahan	Lolos	Min	Max
19,0	¾"	0	0	0	100	97	100
12,5	½"	166,18	166,18	15	85	70	100
9,50	3/8"	177,27	343,45	31	69	58	80
4,75	# 4	155,10	498,55	45	55	50	60
2,36	# 8	22,16	520,71	47	53	46	60
0,60	# 30	166,19	686,90	62	38	16	60
0,30	# 50	99,71	786,61	71	29	10	48
0,15	# 100	166,19	952,79	86	14	3	26
0,075	# 200	99,71	1052,50	95	5	2	8
	PAN	55,40	1107,90	100	0		

Keterangan : Kadar aspal optimum ditambah Serat

Tanggal : 2 Februari 2002

Diperiksa oleh : Robert & Wiwin

Yogyakarta, 27 Februari 2002  
 Ka. Op. Lab. Jalan Raya

Ir. Iskandar S, MT



**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042 Yogyakarta 55584

Pekerjaan / Proyek : Tugas Akhir  
 Jenis Campuran : HRS B Tanpa Serat Selulosa 2 x 75 tumbukan

Tanggal : 14 Februari 2002  
 Diperiksa oleh : Ir. Iskandar S, MT  
 Di kerjakan oleh : Robert & Wiwin

### PERHITUNGAN MARSHALL TEST

Sample	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	MQ
TS-1/100	65,9	7,96	7,38	1188	1194	675	530	2,24	2,43	15,684	76,528	7,788	23,472	66,82	7,7568	247	846,64	789,54	3.10	254.69
TS-2/100	66,4	7,96	7,38	1188	1198	675	536	2,22	2,43	15,509	75,671	8,82	24,329	63,746	8,7894	271	928,91	827,1	3.10	266.80
TS-3/100	66,4	7,96	7,38	1191	1199	675	533	2,23	2,43	15,635	76,289	8,076	23,711	65,942	8,0444	217	743,81	662,74	3.30	200.83
Rerata	63,7	7,96	7,38	1183	1186	675	518	2,29	2,43	15,992	78,029	5,98	21,971	72,959	5,9477	245	839,79	746,11	3.17	235.36
TS-1/110	63	7,96	7,38	1168	1172	675	510	2,29	2,43	16,025	78,19	5,785	21,81	73,475	5,7532	350	1199,7	1217,7	3.05	399.24
TS-2/110	65,4	7,96	7,38	1188	1195	675	528	2,25	2,43	15,744	76,818	7,439	23,182	67,912	7,4074	226	774,66	708,85	2.70	262.53
TS-3/110	64,2	7,96	7,38	1184	1190	675	519	2,28	2,43	15,963	77,887	6,151	22,113	72,186	6,1189	244	836,36	786,18	2.70	291.17
Rerata	63,2	7,96	7,38	1181	1184	675	515	2,3	2,43	16,064	78,379	5,558	21,621	74,357	5,5259	257,14	936,9	880,92	3.02	291.69

t = tebal benda uji

a = % aspal terhadap batuan

b = % aspal terhadap campuran

c = berat kering/sblm direndam (gr)

d = berat dlm keadaan SSD (gr)

e = berat didalam air (gr)

f = Vol (isi) = d - e

g = berat isi sampel =  $\frac{c}{r}$

h = B.J maksimum (teoritis)

$$\left\{ 100 : \left( \frac{\% \text{ aggr}}{\text{B.J Aggr}} + \frac{\% \text{ aspal}}{\text{B.J Aspal}} \right) \right\}$$

$$i = \frac{b \times g}{\text{B.J aspal}}$$

$$j = \frac{(100 - b) g}{\text{B.J agregat}}$$

k = (100-i-j) jumlah kandungan rongga

l = (100-j) rongga terhadap agregat

$$m = \left( 100 \times \frac{i}{l} \right) \text{rongga yang terisi aspal (VFW A)}$$

$$n = \text{rongga yang terisi campuran } 100 - \left( 100 \times \frac{g}{h} \right)$$

o = pembacaan arloji (stabilisasi)

p = o x kalibrasi proving ring (kg)

r = FLOW (kelelahan plastis) (mm)

MQ = Marshall Quotient (kg/mm)

Suhu Pencampuran :  $\pm 160^{\circ}\text{C}$

Suhu Pemadatan :  $100^{\circ}\text{C}$  &  $110^{\circ}\text{C}$

Suhu Water Bath :  $60^{\circ}\text{C}$

B.J. Aspal : 1.054

B.J. Agregat : 2.713

Tanda Tangan :



**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042 Yogyakarta 55584

Pekerjaan / Proyek : Tugas Akhir  
 Jenis Campuran : HRS B Tanpa Serat Selulosa 2 x 75 tumbukan

Tanggal : 14 Februari 2002  
 Diperiksa oleh : Ir. Iskandar S, MT  
 Di kerjakan oleh : Robert & Wiwin

### PERHITUNGAN MARSHALL TEST

Sample	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	MQ
TS-1/120	64	7,96	7,38	1197	1199	675	518	2,31	2,43	16,169	78,894	4,937	21,105	76,608	4,9049	376	1288,8	899,43	2,60	345,93
TS-2/120	62,8	7,96	7,38	1176	1177	675	511	2,3	2,43	16,103	78,571	5,325	21,429	75,148	5,2934	382	1309,4	1350,8	4,00	337,70
TS-3/120	63,5	7,96	7,38	1180	1183	675	517	2,28	2,43	15,97	77,924	6,106	22,076	72,342	6,0741	380	1302,5	1272,7	2,60	489,5
Rerata	63	7,96	7,38	1182	1184	675	513	2,3	2,43	16,102	78,565	5,333	21,435	75,148	5,3008	290,47	1300,2	1288,4	3,03	341,81
TS-1/130	62,7	7,96	7,38	1174	1175	675	511	2,3	2,43	16,076	78,438	5,487	21,562	74,555	5,4545	400	1371,1	1410	2,40	587,50
TS-2/130	62,5	7,96	7,38	1172	1174	675	512	2,29	2,43	16,017	78,151	5,832	21,849	73,308	5,7999	385	1319,7	1335,9	2,40	556,62
TS-3/130	63	7,96	7,38	1181	1183	675	512	2,31	2,43	16,14	78,751	5,109	21,249	75,958	5,0765	438	1501,3	1344,7	2,40	560,29
Rerata	62,8	7,96	7,38	1181	1182	675	513	2,3	2,43	16,11	78,604	5,287	21,396	75,317	4,9545	313,91	1397,4	1411,4	2,90	486,69

t = tebal benda uji

a = % aspal terhadap batuan  
 b = % aspal terhadap campuran  
 c = berat kering/sblm direndam (gr)  
 d = berat dlm keadaan SSD (gr)

e = berat didalam air (gr)  
 f = Vol (isi) = d - e

g = berat isi sampel =  $\frac{c}{r}$

h = B.J maksimum (teoritis)

$$\left\{ 100 : \left( \frac{\% \text{ aggr}}{\text{B.J Aggr}} + \frac{\% \text{ aspal}}{\text{B.J Aspal}} \right) \right\}$$

$$i = \frac{b \times g}{\text{B.J aspal}}$$

$$j = \frac{(100 - b) g}{\text{B.J agregat}}$$

k = (100-i-j) jumlah kandungan rongga

l = (100-j) rongga terhadap agregat

m =  $\left( 100 \times \frac{i}{j} \right)$  rongga yang terisi aspal (VFWA)

n = rongga yang terisi campuran  $100 - \left( 100 \times \frac{g}{h} \right)$

o = pembacaan arloji (stabilitas)

p = o x kalibrasi proving ring (kg)

r = FLOW (kelelahan plastis) (mm)  
 MQ = Marshall Quotient (kg/mm)  
 Suhu Pencampuran :  $\pm 160^{\circ}\text{C}$   
 Suhu Pemadatan :  $120^{\circ}\text{C}$  &  $130^{\circ}\text{C}$   
 Suhu Water Bath :  $60^{\circ}\text{C}$   
 B.J. Aspal : 1.054  
 B.J. Agregat : 2.713

Janda Tangan :



**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042 Yogyakarta 55584

Pekerjaan / Proyek : Tugas Akhir  
 Jenis Campuran : HRS B Tanpa Serat Selulosa 2 x 75 tumbukan

Tanggal : 14 Februari 2002  
 Diperiksa oleh : Ir. Iskandar S, MT  
 Di kerjakan oleh : Robert & Wiwin

### PERHITUNGAN MARSHALL TEST

Sample	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	MQ
TS-1/140	63,7	7,96	7,38	1192	1196	675	520	2,29	2,43	16,04	78,262	5,698	21,738	73,786	5,6664	352	1206,6	1393	3,70	376,48
TS-2/140	63,6	7,96	7,38	1188	1189	675	515	2,31	2,43	16,141	78,757	5,102	21,243	75,982	5,0701	410	1405,4	1392,4	2,20	632,90
TS-3/140	61,5	7,96	7,38	1173	1174	675	506	2,32	2,43	16,221	79,145	4,634	20,855	77,78	4,6016	205	702,68	736,97	3,20	230,30
Rerata	62,9	7,96	7,38	1184	1186	675	514	2,31	2,43	16,134	78,721	5,145	21,279	75,849	4,7127	315,24	1104,9	1141,2	2,92	390,82

t = tebal benda uji

a = % aspal terhadap batuan  
 b = % aspal terhadap campuran  
 c = berat kering/sblm direndam (gr)  
 d = berat dlm keadaan SSD (gr)

e = berat didalam air (gr)  
 f = Vol (isi) = d - e

g = berat isi sampel =  $\frac{c}{f}$

h = B.J maksimum (teoritis)

$$\left\{ 100 : \left( \frac{\% \text{ aggr}}{\text{B.J Aggr}} + \frac{\% \text{ aspal}}{\text{B.J Aspal}} \right) \right\}$$

$$i = \frac{b \times g}{\text{B.J aspal}}$$

$$j = \frac{(100 - b) g}{\text{B.J agregat}}$$

k = (100-i-j) jumlah kandungan rongga

l = (100-j) rongga terhadap agregat

m =  $\left( 100 \times \frac{i}{1} \right)$  rongga yang terisi aspal (VFWA)

n = rongga yang terisi campuran  $100 - \left( 100 \times \frac{g}{h} \right)$

o = pembacaan arloji (stabilitas)

p = o x kalibrasi proving ring (kg)

q = p x koreksi tebal sample (STABILITAS)

r = FLOW (kelelahan plastis) (mm)

MQ = Marshall Quotient (kg/mm)

Suhu Pencampuran :  $\pm 160^{\circ}\text{C}$

Suhu Pemadatan :  $140^{\circ}\text{C}$

Suhu Water Bath :  $60^{\circ}\text{C}$

B.J. Aspal : 1.054

B.J. Agregat : 2.713

Tanda Tangan :

Ir. Iskandar S, MT



**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042 Yogyakarta 55584

Pekerjaan / Proyek : Tugas Akhir  
 Jenis Campuran : HRS B + Serat Selulosa 2 x 75 tumbukan

Tanggal : 14 Februari 2002  
 Diperiksa oleh : Ir. Iskandar S, MT  
 Di kerjakan oleh : Robert & Wiwin

### PERHITUNGAN MARSHALL TEST

Sample	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	MQ
S-1/100	65,97	7.988	7,375	1181	1191	651	540	2,187	2,437	15,30	74,61	10,08	25,38	60,28	10,25	205	702,67	656,02	3.70	177.30
S-2/100	65,80	7.988	7,375	1177	1189	654	535	2,200	2,437	15,34	75,05	9,55	24,94	61,71	9,72	202	692,39	642,54	2.60	247.13
S-3/100	64,46	7.988	7,375	1183	1191	667	524	2,257	2,437	15,79	77,02	7,18	22,98	68,75	7,36	263	901,48	853,25	2.80	304.73
Rerata	65,408	7988	7,375	1180,3	1190,3	657,3	533	2,214	2,437	15,49	75,56	8,93	24,43	63,58	9,11	223,3	765,52	717,27	3.033	236.48
S-1/110	64,76	7.988	7,375	1183	1189	664	525	2,253	2,437	15,76	76,87	7,35	23,12	68,18	7,53	272	932,33	889,45	3.70	240.39
S-2/110	65,06	7.988	7,375	1179	1187	656	531	2,220	2,437	15,53	75,74	8,71	24,25	64,06	8,89	250	856,93	773,03	2.70	286.30
S-3/110	65,06	7.988	7,375	1180	1189	660	529	2,230	2,437	15,60	76,10	8,29	23,89	65,30	8,46	239	819,22	739,02	3.00	246.34
Rerata	64,96	7988	7,375	1180,7	1188,3	660	528,3	2,234	2,437	15,63	76,24	8,12	23,75	65,85	8,29	253,6	869,49	800,50	3.133	255.50

t = tebal benda uji

a = % aspal terhadap batuan  
 b = % aspal terhadap campuran  
 c = berat kering/sblm direndam (gr)  
 d = berat dlm keadaan SSD (gr)

e = berat didalam air (gr)  
 f = Vol (isi) = d - e

g = berat isi sampel =  $\frac{c}{r}$

h = B.J maksimum (teoritis)

$$\left\{ 100 : \left( \frac{\% \text{ aggr}}{\text{B.J Aggr}} + \frac{\% \text{ aspal}}{\text{B.J Aspal}} \right) \right\}$$

$$i = \frac{b \times g}{\text{B.J aspal}}$$

$$j = \frac{(100 - b) g}{\text{B.J agregat}}$$

k = (100-i-j) jumlah kandungan rongga

l = (100-j) rongga terhadap agregat

m =  $\left( 100 \times \frac{i}{j} \right)$  rongga yang terisi aspal (VFW A)

n = rongga yang terisi campuran  $100 - \left( 100 \times \frac{g}{h} \right)$

o = pembacaan arloji (stabilitas)

p = o x kalibrasi proving ring (kg)

r = FLOW (kelelahan plastis) (mm)  
 MQ = Marshall Quotient (kg/mm)  
 Suhu Pencampuran :  $\pm 160^{\circ}\text{C}$   
 Suhu Pematatan :  $100^{\circ}\text{C}$  &  $110^{\circ}\text{C}$   
 Suhu Water Bath :  $60^{\circ}\text{C}$   
 B.J. Aspal : 1,054  
 B.J. Agregat : 2,713

Tanda Tangan :



## LABORATORIUM JALAN RAYA FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042 Yogyakarta 55584

Pekerjaan / Proyek : Tugas Akhir  
Jenis Campuran : HRS B + Serat Selulosa 2 x 75 tumbukan

Tanggal : 14 Februari 2002  
Diperiksa oleh : Ir. Iskandar S, MT  
Di kerjakan oleh : Robert & Wiwin

### PERHITUNGAN MARSHALL TEST

Sample	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	MQ
S-1/120	65,56	7,988	7,375	1184	1190	669	521	2,272	2,437	15,90	77,53	6,56	22,46	70,76	6,74	316	1083,15	996,07	2.80	355.74
S-2/120	65,13	7,988	7,375	1186	1194	662	532	2,229	2,437	15,59	76,05	8,34	23,94	65,14	8,52	295	1011,17	914,66	2.30	397.67
S-3/120	64,4	7,988	7,375	1185	1190	668	522	2,270	2,437	15,88	77,44	6,66	22,55	70,43	6,85	311	1066,01	1007,38	3.90	258.30
Rerata	65,03	7988	7,375	1185	1191,3	666,3	525	2,257	2,437	15,79	77,01	7,19	22,98	68,78	7,37	307,3	1053,44	972,705	3.00	324.23
S-1/130	65,4	7,988	7,375	1183	1192	657	535	2,21	2,437	15,47	75,43	9,08	24,56	62,96	9,26	306	1048,87	958,67	2.30	416.81
S-2/130	63,96	7,988	7,375	1181	1189	664	525	2,249	2,437	15,74	76,74	7,51	23,25	67,68	7,69	283	970,04	982,45	1.50	654.96
S-3/130	63,56	7,988	7,375	1190	1195	669	526	2,26	2,437	15,83	77,18	6,98	22,81	69,37	7,17	329	1127,71	1117,33	2.50	446.93
Rerata	64,306	7988	7,375	1184,7	1192	663,3	528,6	2,24	2,437	15,68	76,45	7,86	23,54	66,68	8,04	306	1048,87	1019,48	2.10	485.46

t = tebal benda uji

a = % aspal terhadap batuan

b = % aspal terhadap campuran

c = berat kering/sblm direndam (gr)

d = berat dlm keadaan SSD (gr)

e = berat didalam air (gr)

f = Vol (isi) = d - e

g = berat isi sampel =  $\frac{c}{f}$

h = B.J maksimum (teoritis)

$$\left\{ 100 : \left( \frac{\% \text{ aggr}}{\text{B.J Aggr}} + \frac{\% \text{ aspal}}{\text{B.J Aspal}} \right) \right\}$$

$$i = \frac{b \times g}{\text{B.J aspal}}$$

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

k = (100-i-j) jumlah kandungan rongga

l = (100-j) rongga terhadap agregat

m =  $\left( 100 \times \frac{i}{100} \right)$  rongga yang terisi aspal (VFWA)

n = rongga yang terisi campuran  $100 - \left( 100 \times \frac{g}{h} \right)$

o = pembacaan arloji (stabilitas)

p = o x kalibrasi proving ring (kg)

r = FLOW (kelelahan plastis) (mm)

MQ = Marshall Quotient (kg/mm)

Suhu Pencampuran :  $\pm 160^{\circ}\text{C}$

Suhu Pemadatan :  $120^{\circ}\text{C}$  &  $130^{\circ}\text{C}$

Suhu Water Bath :  $60^{\circ}\text{C}$

B.J. Aspal : 1.054

B.J. Agregat : 2,713

Tanda Tangan :



## LABORATORIUM JALAN RAYA FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042 Yogyakarta 55584

Pekerjaan / Proyek : Tugas Akhir  
Jenis Campuran : HRS B + Serat Selulosa 2 x 75 tumbukan

Tanggal : 14 Februari 2002  
Diperiksa oleh : Ir. Iskandar S, MT  
Di kerjakan oleh : Robert & Wiwin

### PERHITUNGAN *MARSHALL TEST*

Sample	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	MQ
S-1/140	63,4	7.988	7,375	1186	1190	673	517	2,29	2,437	16,05	78,26	5,68	21,73	73,84	5,86	443	1518,47	1491,13	2.30	648.31
S-2/140	63,6	7.988	7,375	1182	1186	664	522	2,26	2,437	15,84	77,25	6,90	22,74	69,64	7,08	387	1326,51	1317,23	2.40	548.84
S-3/140	62,8	7.988	7,375	1184	1187	665	522	2,26	2,437	15,87	77,38	6,74	22,61	70,16	6,92	372	1275,10	1314,63	3.00	438.21
Rerata	63,27	7988	7,375	1184	1187,7	667,3	520,3	2,2	2,437	15,92	77,63	6,44	22,36	71,22	6,62	400,6	1373,3	1374,33	2.56	536.84

t = tebal benda uji

a = % aspal terhadap batuan

b = % aspal terhadap campuran

c = berat kering/sblm direndam (gr)

d = berat dlm keadaan SSD (gr)

e = berat didalam air (gr)

f = Vol (isi) = d - e

g = berat isi sampel =  $\frac{c}{f}$

h = B.J maksimum (teoritis)

$$\left\{ 100 : \left( \frac{\% \text{ aggr}}{\text{B.J Aggr}} + \frac{\% \text{ aspal}}{\text{B.J Aspal}} \right) \right\}$$

$$i = \frac{b \times g}{\text{B.J aspal}}$$

$$j = \frac{(100 - b) g}{\text{B.J agregat}}$$

k = (100-i-j) jumlah kandungan rongga

l = (100-j) rongga terhadap agregat

m =  $\left( 100 \times \frac{i}{100} \right)$  rongga yang terisi aspal (VFWA)

n = rongga yang terisi campuran  $100 - \left( 100 \times \frac{g}{h} \right)$

o = pembacaan arloji (stabilitas)

p = o x kalibrasi proving ring (kg)

q = p x koreksi tebal sample (STABILITAS)

r = FLOW (kelelahan plastis) (mm)

MQ = Marshall Quotient (kg/mm)

Suhu Pencampuran :  $\pm 160^{\circ}\text{C}$

Suhu Pematatan :  $\pm 140^{\circ}\text{C}$

Suhu Water Bath :  $60^{\circ}\text{C}$

B.J. Aspal :

B.J. Agregat :

Tanda Tangan :

Ir. Iskandar S, MT





# LABORATORIUM JALAN RAYA FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042 Yogyakarta

## Grafik Mix Design Kadar Aspal Optimum

