

**TUGAS AKHIR  
PENELITIAN LABORATORIUM**

**PENGARUH PENGGUNAAN SERAT IJUK SEBAGAI  
BAHAN TAMBAH PADA CAMPURAN HRS ( HOT ROLLED SHEET )  
YANG MENGGUNAKAN GRADASI TENGAH**



**Disusun oleh :**

**YUDI**

**No. Mhs : 90 310 138**

**NIRM : 900051013114120121**

**MUHAMMAD JAZIR ALKAS**

**No. Mhs : 90 310 018**

**NIRM : 900051013114120016**

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

**TUGAS AKHIR  
PENELITIAN LABORATORIUM**

**PENGARUH PENGGUNAAN SERAT IJUK SEBAGAI  
BAHAN TAMBAH PADA CAMPURAN HRS ( HOT ROLLED SHEET )  
YANG MENGGUNAKAN GRADASI TENGAH**

**Diajukan Untuk Melengkapi Persyaratan Dalam Rangka  
Memperoleh Derajat Kesarjanaan Pada Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan  
Universitas Islam Indonesia  
Yogyakarta**

**Dsusum oleh :**

**YUDI**

**No. Mhs : 90 310 138  
NIRM : 900051013114120121**

**MUHAMMAD JAZIR ALKAS**

**No. Mhs : 90 310 018  
NIRM : 900051013114120016**

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

**LEMBAR PENGESAHAN**

**TUGAS AKHIR  
PENELITIAN LABORATORIUM**

**PENGARUH PENGGUNAAN SERAT IJUK SEBAGAI  
BAHAN TAMBAH PADA CAMPURAN HRS ( HOT ROLLED SHEET )  
YANG MENGGUNAKAN GRADASI TENGAH**

**Disusun oleh :**

**YUDI**

**No. Mhs : 90 310 138  
NIRM : 900051013114120121**

**MUHAMMAD JAZIR ALKAS**

**No. Mhs : 90 310 018  
NIRM : 900051013114120016**

**Telah diperiksa dan disetujui oleh :**

**Ir. H. BACHNAS , MSc  
Dosen Pembimbing I**



**Tertanda :** 

**Tanggal :** 5/2-97

**Ir. SUBARKAH , MT  
Dosen Pembimbing II**

**Tertanda :** 

**Tanggal :** 05-02-97

## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmanirrahim*

*Assalaamu' alaikum Wr. Wb.*

Puji syukur kehadiran Allah SWT, Yang Maha Pengasih atas segala karunia yang telah dilimpahkan kepada penyusun, sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "Pengaruh Penggunaan Serat Ijuk sebagai Bahan Tambah pada Campuran HRS (*Hot Rolled Sheet*) yang Menggunakan Gradasi Tengah".

Penelitian ini berangkat dari pemikiran awal telah banyak digunakannya serat dalam rekayasa campuran untuk memperbaiki sifat-sifat material yang banyak digunakan untuk kemaslahatan manusia. Ditambah lagi beberapa acuan untuk berpraduga (hipotesis) seperti campuran *Split Mastic Asphalt* dengan serat selulosa serta *Fiber Reinforced Cement* yang menunjukkan gejala-gejala peningkatan sifat-sifat yang baik.

Kesemua itu menimbulkan rasa keingintahuan peneliti untuk mengadakan penelitian dengan bahan serat yang tersedia di banyak tempat di Indonesia.

Terlepas dari uraian di atas, tugas akhir ini juga dimaksudkan untuk memenuhi kewajiban mahasiswa dalam rangka memenuhi persyaratan untuk memperoleh derajat kesarjanaan pada Bidang Transportasi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Universitas

Islam Indonesia di Yogyakarta.

Dalam penyusunan laporan ini, tidak akan terlepas dari kekurangan-kekurangan yang disebabkan oleh keterbatasan kemampuan penyusun, baik kemampuan berupa ilmu dan wawasan serta kemampuan untuk menuangkan pikiran ke dalam bentuk tulisan.

Oleh karena itu, segala kritik dan saran yang bersifat memperbaiki laporan ini, akan penyusun terima dengan senang hati.

Dalam proses Tugas Akhir ini, penyusun banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak, baik moril maupun teknis. Sehubungan dengan itu penyusun menghaturkan banyak terima kasih, khususnya kepada :

1. Bapak Ir. H. Bachnas, MSc, selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir ini,
2. Bapak Ir. Subarkah, MT, selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir ini,
3. Bapak Ir. H. Susastrawan, MS, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta,
4. Bapak Ir. Bambang Sulistiono, MSCE, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta,
5. Segenap Staf Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta,
6. Ayah dan Ibu tercinta yang senantiasa memberikan do'a

restu dan dorongan,

7. Kakak-kakak tercinta atas dorongan yang tiada henti-hentinya,
8. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu, yang telah membantu dalam penulisan Tugas Akhir ini.

Mudah-mudahan segala amal bapak dan ibu serta berbagai pihak yang telah membantu, mendapatkan nilai ibadah yang saleh dari Allah SWT. yang maha adil lagi maha luas ilmunya. Amin.

Akhirul kalam semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkannya.

*Wassalaamu'alaikum Wr. Wb.*

Yogyakarta, Desember 1996

Penyusun

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI .....	iv
DAFTAR TABEL .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR LAMPIRAN .....	xii
INTISARI .....	xiv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang Masalah .....	1
1.2. Manfaat Penelitian .....	4
1.3. Tujuan Penelitian .....	5
1.4. Batasan Masalah .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1. Aspal .....	7
2.2. Agregat .....	13
2.3. Bahan Pengisi ( <i>Filler</i> ) .....	15
2.4. Bahan Tambah .....	17
2.5. Karakteristik Serat Ijuk .....	19
2.6. Serat di dalam Campuran .....	20
2.6.1. Interaksi Serat di dalam Campuran .....	21
2.6.2. Konsep Dasar Campuran Berserat .....	23
2.7. <i>Hot Rolled Sheet</i> .....	27
2.8. Modulus Kekakuan .....	28
2.8.1. Kekakuan Bitumen .....	28
2.8.2. Kekakuan Campuran .....	30
BAB III LANDASAN TEORI .....	35
3.1. Perkerasan Jalan .....	35

	3.2. Karakteristik Perkerasan .....	38
	3.2.1. Stabilitas .....	39
	3.2.2. Keawetan .....	40
	3.2.3. Fleksibilitas .....	41
	3.2.4. Kekesatan .....	41
	3.2.5. Ketahanan Kelelehan .....	42
	3.3. Syarat-Syarat Kekuatan Struktural dan Non Struktural .....	42
	3.4. <i>Hot Rolled Sheet</i> .....	44
	3.4.1. Pengertian Umum .....	44
	3.4.2. Bahan .....	45
	3.4.3. Perencanaan Campuran .....	50
BAB	IV HIPOTESA .....	52
BAB	V CARA PENELITIAN .....	53
	5.1. Bahan .....	53
	5.1.1. Asal Bahan .....	53
	5.1.2. Persyaratan dan Pengujian Bahan .....	54
	5.2. Perencanaan Campuran Tengah .....	61
	5.2.1. Gradasi Agregat Tengah .....	61
	5.2.2. Kadar Aspal .....	63
	5.2.3. Kadar Serat Ijuk Dalam Campuran .....	64
	5.3. Tahap pelaksanaan pengujian sampel .....	64
	5.3.1. Peralatan yang dipergunakan .....	64
	5.3.2. Persiapan benda uji .....	66
	5.3.3. Persiapan Pengujian .....	68
	5.3.4. Pengujian .....	69
	5.4. Anggapan Dasar .....	70



5.5. Cara Analisis .....	70
5.5.1. Berat Jenis Maksimum Teoritis .....	71
5.5.2. Nilai VFWA .....	71
5.5.3. Nilai VITM .....	72
5.5.4. Nilai Stabilitas .....	73
5.5.5. Nilai <i>flow</i> .....	73
5.5.6. Nilai <i>quotient marshall</i> .....	73
5.6. Ilustrasi Penelitian .....	74
5.7. Permasalahan yang Dihadapi .....	80
BAB VI HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....	81
6.1. Hasil Penelitian .....	81
6.1.1. Hasil Pengujian Bahan .....	81
1. Hasil Pengujian Serat Ijuk .....	81
2. Hasil Pengujian Agregat .....	82
3. Hasil Pengujian Aspal .....	83
6.1.2. Hasil Pengujian Campuran .....	83
6.2. Pembahasan .....	86
6.2.1. Pembahasan Mengenai Bahan .....	86
6.2.2. Pembahasan Mengenai Pengaruh Serat Ijuk terhadap Perilaku Marshall pada Campuran Beton Aspal .....	89
1. Pengaruh Serat Ijuk terhadap Nilai VITM .....	89
2. Pengaruh Serat Ijuk terhadap Nilai VFWA .....	93
3. Pengaruh Serat Ijuk terhadap Nilai <i>Flow</i> .....	97

4. Pengaruh Serat Ijuk terhadap Nilai Stabilitas.....	100
5. Pengaruh Serat Ijuk terhadap Nilai <i>Marshall Quotient</i> .....	104
6. Pengaruh Serat Ijuk terhadap Nilai <i>Density</i> .....	107
7. Evaluasi terhadap Kekakuan Aspal ( Sbit ) .....	110
8. Pengaruh Serat Ijuk terhadap Nilai Kekakuan Campuran ( Smix )....	112
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN .....	118
7.1. Kesimpulan .....	118
7.2. Saran-Saran .....	121
DAFTAR PUSTAKA .....	123
PENUTUP .....	125
LAMPIRAN-LAMPIRAN .....	126

## DAFTAR TABEL

1. Tabel 3.1. Persyaratan aspal keras .....	47
2. Tabel 3.2. Spesifikasi HRS B .....	51
3. Tabel 5.1. Gradasi tengah untuk HRS B .....	62
4. Tabel 5.2. Matrik dan penandaan briket, sampel .....	74
5. Tabel 6.1. Hasil pengujian serat ijuk .....	82
6. Tabel 6.2. Persyaratan dan hasil pemeriksaan agregat .....	82
7. Tabel 6.3. Hasil pemeriksaan berat jenis agregat .....	83
8. Tabel 6.4. Persyaratan dan hasil pemeriksaan aspal .....	83
9. Tabel 6.5. Data hasil uji Marshall campuran HRS B dengan variasi kadar serat ijuk .....	85

## DAFTAR GAMBAR

1. Gambar 2.1. Interaksi serat terhadap campuran homogen tak teretak .....	22
2. Gambar 2.2. Interaksi serat terhadap campuran teretak .....	23
3. Gambar 2.3. Kurva tegangan regangan pada gaya tarik antara serat dan campuran daktil .....	24
4. Gambar 2.4. Hubungan efek panjang serat antara tegangan geser yang dipindahkan dengan panjang kritis .....	26
5. Gambar 2.5. Nomogram untuk menetapkan kekakuan bitumen ( $S_{bit}$ ) .....	29
6. Gambar 2.6. Nomogram untuk menentukan kekakuan campuran ( $S_{mix}$ ) .....	34
7. Gambar 3.1. Susunan lapis perkerasan lentur .....	37
8. Gambar 3.2. Jenis tanah dasar ditinjau dari muka tanah asli .....	38
9. Gambar 5.1. Spesifikasi gradasi HRS B dan gradasi tengah .....	62
10. Gambar 5.2. Bagan alir penelitian terhadap serat ijuk .....	75
11. Gambar 5.3. Bagan alir penelitian terhadap perilaku serat ijuk pada proses pembuatan briket sampel awal dan proses ekstraksi .....	76

12. Gambar 5.4. Bagan alir pengujian agregat .....	77
13. Gambar 5.5. Bagan alir pengujian aspal .....	78
14. Gambar 5.6. Bagan alir penelitian terhadap campuran beton aspal .....	79
15. Gambar 6.1. Grafik hubungan kadar aspal dan nilai VITM terhadap variasi kadar serat ijuk .....	91
16. Gambar 6.2. Grafik hubungan nilai VITM dan kadar serat ijuk terhadap variasi kadar aspal .....	92
17. Gambar 6.3. Grafik hubungan kadar aspal dan nilai VFWA terhadap variasi kadar serat ijuk .....	95
18. Gambar 6.4. Grafik hubungan kadar serat ijuk dan nilai VFWA terhadap kadar aspal .....	96
19. Gambar 6.5. Grafik hubungan kadar aspal dan nilai <i>Flow</i> terhadap variasi kadar serat ijuk .....	97
20. Gambar 6.6. Grafik hubungan kadar serat ijuk dan nilai <i>Flow</i> terhadap variasi kadar aspal .....	99
21. Gambar 6.7. Grafik hubungan kadar aspal dan nilai stabilitas terhadap variasi kadar serat ijuk .....	101
22. Gambar 6.8. Grafik hubungan antara kadar serat ijuk dan nilai stabilitas terhadap variasi kadar aspal .....	103

23. Gambar 6.9. Grafik hubungan kadar aspal dan nilai MQ terhadap variasi kadar serat ijuk .....	105
24. Gambar 6.10. Grafik hubungan kadar serat ijuk dan nilai MQ terhadap variasi kadar aspal .....	106
25. Gambar 6.11. Grafik hubungan kadar aspal dan nilai <i>density</i> terhadap variasi kadar serat ijuk .....	108
26. Gambar 6.12. Grafik hubungan kadar serat ijuk dan nilai <i>density</i> terhadap variasi kadar aspal .....	109
27. Gambar 6.13. Grafik hubungan kadar aspal dan nilai Smix terhadap kadar serat ijuk .....	115
28. Gambar 6.14. Grafik hubungan kadar serat ijuk dan nilai Smix terhadap variasi kadar aspal .....	116

## DAFTAR LAMPIRAN

1. Lampiran 1 : Hasil pemeriksaan tegangan tarik dan tegangan geser permukaan serat ijuk.
2. Lampiran 2 : Hasil pemeriksaan berat jenis serat ijuk.
3. Lampiran 3 : Hasil pemeriksaan karakteristik serat ijuk.
4. Lampiran 4 : Foto pengujian tegangan serat ijuk.
5. Lampiran 5 : Foto briket sampel berserat ijuk 1 cm dan 2 cm , serta pengujian ekstraksi briket.
6. Lampiran 6 : Hasil pemeriksaan keausan agregat.
7. Lampiran 7 : Hasil pemeriksaan berat jenis agregat kasar.
8. Lampiran 8 : Hasil pemeriksaan berat jenis agregat halus.
9. Lampiran 9 : Hasil pemeriksaan *Sand Equivalent*.

---

10. Lampiran 10 : Hasil pengamatan penetrasi aspal dan pemeriksaan berat jenis aspal.
11. Lampiran 11 : Hasil pemeriksaan titik lembek, titik nyala dan titik bakar aspal.
12. Lampiran 12 : Hasil pemeriksaan daktilitas dan kelekatan aspal terhadap batuan.
13. Lampiran 13 : Hasil pemeriksaan kelarutan aspal dalam  $CCl_4$  ( *Solubility* ).

14. Lampiran 14

sampai

Lampiran 18 : Hasil pemeriksaan *Marshall Test*.

15. Lampiran 19

sampai

Lampiran 20 : Hasil pemeriksaan kekakuan campuran dengan metode Heukelom dan Klomp.

16. Lampiran 21

sampai

Lampiran 22 : Hasil pemeriksaan kekakuan campuran dengan metode Shell.



*Ayah dan Ibunda tersayang*

*Kupersembahkan untuk*

## INTISARI

Untuk memenuhi tuntutan perkembangan lalu lintas dewasa ini yang semakin kompleks maka perlu dikembangkan suatu telaah dan penelitian terhadap campuran beton aspal guna memperoleh campuran beton aspal termodifikasi yang dapat memenuhi kualitas tuntutan tersebut.

Terkait dengan tuntutan di atas maka perlu diadakan penelitian terhadap *Hot Rolled Sheet* untuk memperbaiki beberapa sifat campuran aspal tersebut yang dirasa kurang dengan jalan menambahkan serat ijuk di dalam campuran aspal tersebut.

Dengan berpegang kepada analogi teknologi *Split Mastic Asphalt + Cellulose* yang dikembangkan di Jerman maka dilakukan modifikasi HRS B dengan serat ijuk yang diharapkan dapat memperbaiki sifat-sifat HRS B atau bahkan dapat menggantikan penggunaan campuran beton aspal yang bernilai lebih mahal.

Telaah ini dimaksudkan untuk meneliti kemungkinan di atas, pada gradasi tengah HRS B dengan menggunakan variasi kadar aspal 6,3 %, 6,7 %, 7,1 %, 7,5 % dan 8,0 % serta variasi kadar serat ijuk 0,0 %, 0,5 %, 1,0 %, 1,5 % dan 2,0 % sehingga diperoleh matriks 5x5 dimana benda uji dibuat duplo ( dua ). Dalam penelitian ini tidak dicari nilai kadar aspal optimum sementara dikarenakan pengaruh serat ijuk dari segi geometrinya berperan dalam menggeser nilai kadar aspal optimum itu, disamping itu dapat diamati parameter yang lebih variatif sifatnya.

Dari hasil penelitian secara garis besar terdapat perubahan yang berarti dan menguntungkan pada parameter-parameter *Marshall Test* seperti : Stabilitas, *Flow* (kelelahan), *VITM (Void in The Mix)*, *VFWA (Void Filled With Asphalt)* dan *QM (Quotient Marshall)* dan juga terjadi peningkatan nilai kekakuan campuran berserat ijuk.

Salah satu hasil yang diperoleh adalah briket campuran beton aspal berkadar serat ijuk 2,0 % menunjukkan gejala peningkatan seluruh parameter *Marshall* dan nilai kekakuan campuran apabila dibandingkan dengan nilai parameter *Marshall* pada HRS B normal ( tidak berserat ijuk ). Yang sangat menonjol pada briket sampel berkadar serat ijuk 2,0 % adalah kestabilan dari nilai parameter tersebut.

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang Masalah

Pada masa pembangunan di Indonesia dewasa ini transportasi mempunyai peranan yang sangat penting dalam mendukung laju pertumbuhan perekonomian nasional, yang berupa tuntutan kemudahan distribusi barang dan jasa serta meratakan berbagai hasil-hasil pembangunan nasional (*Nation Building*). Dengan semakin membaiknya perkembangan di sektor transportasi ini maka akan meningkatkan kelancaran pembangunan di seluruh sektor, terutama di sektor ekonomi. Pembangunan transportasi, dalam hal ini pembangunan jalan, diperlukan perencanaan dan pelaksanaan yang baik, baik secara kualitas maupun kuantitas untuk menjawab tantangan jaman guna meningkatkan derajat efisiensi dan efektifitas dari anggaran belanja negara yang ada.

Untuk itu khusus bidang jalan diadakan berbagai macam peraturan jalan yang dikeluarkan oleh Direktorat Jendral Bina Marga guna menangani tantangan di atas.

Banyak ragam lapis keras jalan yang dipergunakan di Indonesia salah satunya adalah HRS (*Hot Rolled Sheet*) atau lebih dikenal dengan Lapis Tipis Aspal Beton yang diadopsi dari HRA (*Hot Rolled Asphalt*) milik *British Standard*, yang merupakan lapis penutup yang menggunakan agregat bergradasi timpang, *Filler* dan aspal keras dengan perbandingan tertentu yang dicampur, dihamparkan dan

dipadatkan secara panas ( *Hot Mix* ).

*Hot Rolled Sheet* berfungsi sebagai lapis permukaan jalan yang tidak mempunyai nilai struktur, kekuatan perkerasannya sangat dipengaruhi oleh kualitas mortarnya, yang terdiri atas batuan ( agregat halus ), bahan pengisi (*Filler*) dan aspal sebagai bahan pengikatnya.

Kualitas HRS secara umum sangat dipengaruhi oleh kualitas bahan penyusunnya, susunan butir atau gradasi, kandungan bahan pengikat, homogenitas pencampuran dan kepadatan. Disamping itu juga untuk mendapatkan lapis keras yang berkualitas tinggi.

Faktor perencanaan dan pelaksanaan mempunyai peran yang sangat penting, karena kegagalan konstruksi lapis keras jalan saat ini banyak diakibatkan kesalahan pada waktu pelaksanaan, sehingga perlu adanya pengawasan kualitas ( *Quality Control* ) secara cermat dan terus menerus, terutama pada tahap pencampuran, penghamparan dan pemadatan.

Di dalam proses pencampuran yang kurang merata (Homogen) akan mengakibatkan susunan lapis keras yang kurang kompak, sehingga mengakibatkan daya tahan ( *Durability* ) menjadi berkurang.

Di lain hal pada saat penghamparan penurunan temperatur yang besar yang diakibatkan oleh terlalu jauhnya lokasi proyek dengan AMP ( *Asphalt Mixing Plant* ) menyebabkan berkurangnya sifat adhesi dan kohesi antar unsur penyusunnya.

Pemadatan pada kondisi dimana temperatur yang tidak memenuhi syarat akan berakibat keretakan dini. Keretakan dini tersebut juga bisa diakibatkan oleh pembebanan lalu lintas yang ada di sekitar jalan, sementara jalan yang dikerjakan sebenarnya baru boleh dibuka setelah umur pemadatan kurang lebih 2 jam.

Daya tahan lapis aus HRS peka terhadap perubahan iklim setempat dan mengalami oksidasi sehingga mengakibatkan Durabilitas dan Fleksibilitasnya menurun hingga mudah mengalami retak-retak yang merupakan kerusakan awal jalan setelah melayani lalu lintas sepanjang masa layan jalan tersebut.

Di samping dikarenakan hal-hal di atas juga disebabkan tantangan yang dihadapi akhir abad 20 ini dimana jalan dibebani oleh makin meningkatnya beban kendaraan lalu lintas dan manuver kendaraan yang khusus pada daerah-daerah tertentu sehingga dibutuhkannya campuran aspal yang dapat bertahan atas beban lalu lintas yang semakin berat dan memiliki manuver yang rumit/tidak standar berupa *Braking*, *Accelerating* dan *Turning*. Pada daerah-daerah tertentu mengalami pembebanan lalu lintas secara berlebihan ( *Heavy Spot* ) seperti perempatan jalan dan daerah yang rawan terhadap kecelakaan lalu lintas ( *Black Spot* ) yang ditandai dengan banyaknya aktivitas *Braking* yang dilakukan oleh pengemudi seperti di tikungan ) mengalami kerusakan lebih dini dan lebih parah.

Dalam rangka itu maka dilakukan penyelidikan campuran

beton aspal modifikasi ( *Modified Asphalt* ) dengan menggunakan serat ijuk.

Tantangan dan keretakan lapis permukaan di atas diharapkan dapat dikurangi dengan penambahan serat ijuk pada campuran HRS tersebut. Penggunaan aspal yang telah dimodifikasi juga menawarkan pemecahan untuk mengurangi frekuensi pemeliharaan yang diperlukan di daerah itu.

## 1.2. Manfaat Penelitian

Keretakan dini yang diakibatkan oleh proses pencampuran, penghamparan dan pemadatan menjadi isu yang menantang bagi para peneliti.

Selain itu masih terdapat masalah yang berkaitan dengan proses penuaan (*Aging*) yang menyebabkan aspal berkurang atau kehilangan sifat lekatan (*adhesi*) dan daktilitasnya. Permasalahan-permasalahan di atas diharapkan dapat dikurangi dan diperlambat dengan jalan menambahkan serat ijuk diharapkan dapat menambah daya ikat campuran aspal secara mekanis.

Manfaat penggunaan aspal modifikasi ini akan sangat meningkat bila disertai pemilihan dan penggunaan agregat yang bermutu tinggi serta perencanaan yang tepat ini ditujukan untuk memperbaiki sifat-sifat campuran seperti ketahanan terhadap perubahan bentuk permanen, kelelahan dan lain-lain.

Dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan akan didapatkan prosentase serat ijuk dalam campuran *Hot Rolled*

*Sheet* yang memberikan hasil yang terbaik (dapat diusulkan). Dengan demikian nantinya dapat diusahakan pembuatan HRS yang berkualitas tinggi dan dapat dikurangnya frekuensi pemeliharaan jalan tersebut.

Diharapkan pula penggunaan serat ijuk dalam HRS dapat mereduksi kemungkinan penggunaan campuran aspal beton tipe lain yang mungkin lebih mahal dibanding HRS.

Penggunaan serat ijuk juga diharapkan mampu :

- a. Meningkatkan keawetan lapis permukaan jalan.
- b. Meningkatkan fleksibilitas lapis permukaan jalan.
- c. Meningkatkan ketahanan terhadap retak permukaan.
- d. Meningkatkan ketahanan terhadap kelelahan.

### 1.3. Tujuan Penelitian

Memberikan gambaran yang jelas seberapa jauh perilaku serta pengaruh penambahan serat ijuk terhadap peningkatan kualitas kinerja campuran *Hot Rolled Sheet* yang sesuai dengan syarat-syarat gradasi tengah yang telah ditentukan oleh Direktorat Jendral Bina Marga.

### 1.4. Batasan Masalah

*Hot Rolled Sheet* yang digunakan di sini adalah HRS berkelas B yang melayani jalan dengan lalu lintas tinggi pada gradasi tengahnya. *Hot Rolled Sheet* tersebut divariasikan terhadap kadar aspal (6,3 %, 6,7 %, 7,1 %, 7,5 %, serta 8,5 %) dan kadar serat ijuk (0,0 %, 0,5 %, 1,0 %, 1,5 % serta 2,0 %) sehingga diperoleh matrik 5x5 dan tiap

sampel dibuat duplo ( 2 ), jadi total sampel adalah 50 buah.

Penelitian penggunaan serat ijuk pada *Hot Rolled Sheet* hanya meliputi percobaan di laboratorium dan tidak mengenai cara maupun keadaan yang berkaitan dengan proses di lapangan.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Aspal

Aspal diartikan sebagai bahan pengikat dalam campuran beton aspal, yang terbentuk dari senyawa-senyawa *Asphaltenese*, *Resins* dan *Oils*.

*Asphaltenese* adalah bagian yang mempunyai berat jenis terbesar, *Resins* mempunyai berat jenis sedang dan *Oils* mempunyai berat jenis kecil.

Aspal pada campuran beton aspal berfungsi sebagai bahan pengikat antar agregat bergradasi tertentu untuk membentuk suatu campuran yang yang kompak , sehingga memberikan kekuatan yang besar sebagai satu kesatuan lapisan ( Krebs and Walker, 1971) .

Aspal juga didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua, yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan sampai suatu temperatur tertentu dapat menjadi lunak/cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan campuran aspal atau dapat masuk ke dalam pori-pori yang ada pada penyemprotan atau penyiraman pada perkerasan macadam ataupun pelaburan. Jika temperatur mulai turun, aspal akan mengeras dan akan mengikat agregat pada tempatnya (sifat termoplastis) (Silvia Sukirman, 1992). Aspal merupakan campuran dari unsur *Hidrogen* (H) dan unsur *Carbon* (C) yang sangat kompleks yang dikenal sebagai

senyawa Hidrokarbon (Suprpto Tm,1995) . Dalam kondisi *Unsaturated*, perubahan sifatnya perlu diperhatikan yaitu reaktivitasnya terhadap O<sub>2</sub> (oksigen), proses oksidasi yang terjadi di lapangan, mengingat aspal untuk perkerasan akan selalu berhubungan dengan udara.

Sebagai salah satu material konstruksi perkerasan lentur, aspal merupakan salah satu komponen kecil, umumnya hanya 4 - 10 % berdasarkan berat atau 10 - 15 % berdasarkan volume, tetapi merupakan komponen yang relatif mahal dan berperan penting.

Adapun sifat kimia dan fisik aspal yang perlu diketahui adalah seperti berikut ini.

#### 1. Kekentalan (*Viscosity*)

Kekentalan aspal akan dipengaruhi oleh hal-hal berikut.

##### a. Temperatur

Dengan naiknya temperatur maka kekentalan akan menurun. Hal ini disebabkan oleh energi thermal yang meningkat dan melarutkan *asphaltenese* ke dalam *Oils*.

*Aromatic mineral oils* mempunyai daya pelarut *asphaltenese* yang lebih besar dibanding dengan *Paraffinic mineral oils*, sehingga aspal yang berasal dari *aromatic based bitumen* cenderung bersifat lebih peka terhadap perubahan suhu dibanding dengan *paraffinic based bitumen*.

##### b. Lama pembebanan

Jika dikaitkan dengan lalu lintas maka pembebanan yang lama akan terjadi pada lalu lintas dengan

kecepatan rendah atau sebaliknya. Menurut Shell dengan semakin lama pembebanannya maka aspal yang semula bersifat elastik akan bersifat lebih viskos.

c. Waktu (*effect of time*)

Hal ini berkaitan dengan sifat tahan lama aspal sebagai bahan jalan. Apabila aspal dibiarkan dalam keadaan yang tidak/jarang sekali mendapat beban, maka ternyata kekentalan aspal akan naik.

Perubahan kekentalan ini sebanding dengan waktu, dan terjadi pada komposisi kimia yang tetap (*thixotropy*). Thixotropy ini dapat dihilangkan dengan cara memberikan tegangan/beban atau pemanasan pada aspal tersebut.

Kekentalan bitumen umumnya diukur dengan :

1. penetrasi (*penetration test*)
2. titik lembek (*ring and ball test*)

2. *Penetration index (PI)*

Keseluruhan aspal menunjukkan adanya gejala sifat thermoplastis, jika aspal dipanaskan menjadi lebih lunak dan jika didinginkan menjadi lebih keras. Pengertian tersebut dikenalkan oleh Pfeiffer dan Van Doormaal. Bila dibandingkan antara nilai penetrasi dan suhu maka didapatkan rumus :

$$\text{Log } P = AT + K \dots\dots\dots( 2-1 )$$

dengan :

- P = penetrasi
- A = kepekaan temperatur dari logaritma nilai penetrasi
- T = temperatur
- K = tetapan

Nilai dari A bervariasi dari 0,015 hingga 0,06 yang menunjukkan derajat kepekaan temperatur. Pfeiffer dan Van Doormaal mendefinisikan *Penetration Index* sebagai berikut ini.

$$PI = \frac{20 ( 1 - 25A )}{1 + 50A} \dots\dots\dots ( 2-2 )$$

dengan :  
PI = indeks penetrasi

Nilai dari PI memiliki rentang dari -3 untuk kepekaan temperatur aspal yang tinggi hingga +7 untuk kepekaan temperatur aspal yang rendah. Nilai dari A dan PI dapat diturunkan dari nilai penetrasi pada dua temperatur yang berbeda, T1 dan T2, dengan persamaan :

$$A = \frac{\text{Log pen. T1} - \text{Log pen. T2}}{T1 - T2} \dots\dots\dots ( 2-3 )$$

dengan :  
pen. T1 = penetrasi pada temperatur pertama  
pen. T2 = penetrasi pada temperatur kedua  
T1 = temperatur pertama  
T2 = temperatur kedua

Menurut Pfeiffer dan Van Doormaal, dari hasil pengukuran penetrasi, banyak aspal menunjukkan penetrasi pada suhu titik lembek sebesar 800, sehingga persamaan ( 2-3 ) menjadi :

$$A = \frac{\text{Log pen. T1} - \text{Log 800}}{T1 - SP} \dots\dots\dots ( 2-4 )$$

dengan :  
SP = temperatur titik lembek aspal

nampak nyata pada suhu rendah. Untuk mengetahui kuat tarik aspal dengan percobaan titik pecah Fraass (*Fraass breaking test*).

#### 5. Adhesi (*Adhesion*)

Dengan adanya adhesi ini dapat dijelaskan dengan mengacu pada aspal emulsi kationik, yaitu aspal yang diberi tambahan *amine*.

Tambahan bahan (*amine*) yang semakin bertambah banyak akan berakibat sebagai berikut :

- a. perkembangan daya adhesi dari adhesi biasa, adhesi pasif dan adhesi aktif,
- b. perkembangan gaya luar yang timbul dari tidak ada, kecil, sedang dan besar.

Sedangkan besarnya daya adhesi juga dipengaruhi oleh jenis bahan tambahannya.

#### 6. Pengaruh cuaca

Karena aspal merupakan senyawa hidrogen dan karbon yang mungkin dalam kondisi *unsaturated*, perubahan sifat yang sangat perlu diperhatikan yaitu reaktivitas terhadap oksigen. Hal ini mengingat bahwa aspal untuk perkerasan akan selalu berhubungan dengan udara/oksigen.

#### 7. Warna

Warna aspal aslinya adalah hitam atau coklat tua kehitam-hitaman. Untuk tujuan tertentu aspal dapat diberi warna.

#### 8. Berat jenis (*Spesific Gravity*)

Berat jenis aspal bervariasi antara 0,95-1,05.

Bila nilai A tersebut disubstitusikan ke dalam persamaan ( 2-2 ), dengan asumsi penetrasi tes dilakukan pada suhu 25°C, maka didapatkan persamaan :

$$PI = \frac{1952 - 500 \text{ Log pen.} - 20 SP}{50 \text{ Log pen.} - SP - 120} \dots\dots\dots( 2-5 )$$

Asumsi nilai penetrasi sebesar 800 pada temperatur titik lembek tidak benar-benar valid untuk semua aspal, sehingga untuk menghitung kepekaan temperatur disarankan dengan menggunakan dua temperatur yang berbeda.

### 3. Kekakuan aspal ( *stiffness modulus of bitumen* )

Dengan analogi Hukum Hooke, kekakuan aspal dapat dinyatakan dalam persamaan ( 2-2 ) sebagai berikut :

$$S_{\text{aspal}} = \frac{\text{tensile stresses}}{\text{tensile strain}} = \frac{T}{E} \dots\dots\dots( 2-6 )$$

Karena aspal dapat berada pada kondisi elastis maupun *viscous*, *strain* aspal juga dapat berada di daerah elastik maupun viskus. Kondisi aspal ini sangat bergantung pada lama pembebanan dan suhu, sehingga regangan viskus (*viscous strain*) juga dipengaruhi oleh lama pembebanan dan suhu. Akibatnya kekakuan aspal juga dipengaruhi oleh lama pembebanan dan suhu.

### 4. Kuat tarik (*tensile strength*)

Kuat tarik aspal juga dipengaruhi oleh temperatur dan lama pembebanan. Kuat tarik aspal ini akan lebih

## 9. Durabilitas

Sifat tahan lama ini sangat diperlukan dalam hubungannya dengan air serta adanya *aging of bitumen* akibat kemungkinan terjadinya oksidasi.

( Sumber: Suprpto TM , 1995 , Bahan dan Struktur Jalan Raya, Biro Penerbit KMTS-FT UGM )

## 2.2. Agregat

Agregat dalam hal ini diartikan sebagai suatu kumpulan butiran batuan yang berukuran tertentu yang diperoleh baik dari hasil alam maupun dari suatu proses pemecahan batuan yang besar.

Agregat yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar (*Course Aggregate*), agregat sedang (*Medium Aggregate*), dan agregat halus (*Fine Aggregate*). Untuk menentukan pemilihan agregat yang baik dapat dilihat dari ukuran, gradasi, kebersihan, kekuatan, kekerasan, bentuk butiran, tekstur permukaan, porositas, serta keuletannya pada aspal.

Agregat dapat diklasifikasikan menurut beberapa cara sebagai berikut di bawah ini.

### 1. Berdasarkan *Engineering Properties*.

Pada cara ini kadang-kadang ditemui pada jenis batu yang sama tetapi sifatnya berbeda-beda.

2. Berdasarkan proses alami terbentuknya batuan.

Pada cara ini akan didapat agregat yang berasal dari :

a. batuan alami:

1. batuan beku (*igneous rock*),
2. batuan sedimen (*sedimentary*),
3. batuan metamorf (*metamorphic rock*),

b. batuan buatan (*artificial rock*),

c. batuan sisa/bekas (*waste materials*).

3. Berdasarkan gradasi agregat

Gradasi agregat dapat dikelompokkan menjadi :

- a. gradasi rapat (*dense grading*),
- b. gradasi terbuka (*open grading*),
- c. gradasi timpang (*gap grading*).

4. Berdasarkan ukuran butiran

Untuk pekerjaan jalan agregat dikelompokkan menjadi :

- a. Agregat kasar (*Course aggregate*), dengan butiran tertahan di atas saringan nomor 4 (empat).
- b. Agregat halus (*Fine aggregate*), dengan butiran ukuran saringan nomor 4-200 .
- c. Pengisi (*Filler*), dengan butiran lolos saringan nomor 200 (dua ratus).

5. Berdasarkan bentuk butiran :

- a. berbentuk kubikal,
- b. berbentuk bulat dan
- c. berbentuk tak teratur.

6. Berdasarkan proses terjadinya agregat

Dari aslinya sampai terbentuknya butir-butir agregat



dapat terjadi karena : diangkut air, angin, korosi dan pemecah batu (*Crusher*).

#### 7. Berdasarkan tekstur permukaan (*Surface Texture*)

Tekstur permukaan agregat dapat berbentuk kasar, sedang ataupun halus.

( Sumber: Suprpto TM , 1995 , Bahan dan Struktur Jalan Raya , Biro Penerbit KMTS-FT UGM )

### 2.3. Bahan Pengisi ( *Filler* )

*Filler* adalah bahan berbutir halus yang berfungsi sebagai butir pengisi pada pembuatan campuran aspal. *OdFiller* didefinisikan sebagai fraksi debu mineral lolos saringan no. 200 (0,074 mm) bisa berupa : debu batu, kapur, debu dolomit, atau semen. Disyaratkan bahan tersebut harus kering atau kadar air maksimum 1 % (Mudjiono.F.A , 1994) .

Menurut Crauss J. dan Ishai pada awalnya pengaruh bahan pengisi ke dalam aspal adalah dengan membentuk mastik dan ini akan menambah/mempengaruhi viskositas aspal

murni. Mekanisme pengaruh dari *filler* dalam mendukung adhesi aspal dan agregat adalah secara mekanik dan kimia.

Penggunaan *filler* dalam campuran beton aspal akan sangat mempengaruhi karakteristik beton aspal tersebut, efek tersebut dapat dikelompokkan sebagai berikut di bawah ini.

1. Efek penggunaan *filler* terhadap karakteristik campuran aspal *filler*.

a. Efek penggunaan *filler* terhadap viskositas campuran.

Beberapa efek yang terjadi disebutkan dibawah ini.

1. Efek penggunaan berbagai jenis *filler* terhadap viskositas campuran tidak sama.
2. Luas permukaan *filler* yang makin besar akan menaikkan viskositas campuran dibanding dengan yang berluas permukaan kecil.
3. Adanya daya affinitas, menyebabkan jumlah aspal yang dapat diserap oleh beberapa *filler* cukup bervariasi. Pada keadaan viskositas naik, jumlah aspal yang diserap semakin besar.

b. Efek penggunaan *filler* terhadap daktilitas dan penetrasi campuran :

1. kadar *filler* yang semakin tinggi akan menurunkan daktilitas, hal ini juga terjadi pada berbagai suhu.
2. jenis *filler* yang akan menaikkan viskositas aspal akan menurunkan penetrasi aspal.

c. Efek suhu dan pemanasan

Jenis dan kadar *filler* memberikan pengaruh yang saling berbeda pada berbagai temperatur.

2. Efek penggunaan *filler* terhadap karakteristik campuran beton aspal.

Kadar *filler* dalam campuran akan mempengaruhi dalam proses pencampuran, penggelaran dan pemadatan. Disamp-

ing itu kadar dan jenis *filler* akan berpengaruh terhadap sifat elastis campuran dan sensitifitas terhadap air.

( Sumber : Suprpto TM , 1995, Bahan dan Struktur Jalan Raya, Biro Penerbit KMTS-FT UGM )

#### 2.4. Bahan Tambah

Menurut Crauss J. dan Ishai tahun 1982, salah satu alasan utama kerusakan dan kemerosotan kekuatan perkerasan lentur jalan raya, adalah rendahnya kekuatan dan keawetan di dalam lapis aus dan bahan pengikat konstruksi perkerasan jalan. Kombinasi air dan temperatur yang terus menerus sangat berpengaruh terhadap durabilitas campuran aspal beton. Durabilitas yang tinggi biasanya ditunjukkan oleh proses mekanik dalam campuran sehingga konstruksi jalan bertahan lama.

Dari hal di atas dan beberapa permasalahan yang terkait dengan kerusakan lapis permukaan maka diperlukan adanya suatu modifikasi campuran aspal beton. Modifikasi yang dimaksudkan biasanya dibuat dalam dua kelompok ( Crauss J. dan Ishai, 1982 ) yaitu :

1. Modifikasi sifat adhesi aspal dengan tegangan aktif bahan tambah ( *Tension Active Additive* ).
2. Modifikasi sifat adhesi permukaan agregat dengan cara mekanis menggunakan larutan air semen atau larutan kapur bakar.

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

Dalam penelitian ini bahan tambah yang akan digunakan adalah serat ijuk, dengan alasan teknis, ekonomis dan mengacu pada kelestarian lingkungan.

Serat ijuk diharapkan memenuhi kriteria modifikasi pertama di atas dan menaikkan beberapa parameter bahan jalan.

Perlu diperhatikan agar dapat efektif dan ekonomis serta praktis dalam penggunaan bahan tambah untuk modifikasi aspal, harus memenuhi persyaratan berikut ini.

- a. Mudah diperoleh di pasaran.
- b. Pada temperatur pencampuran tidak mudah mengalami penurunan mutu.
- c. Mudah bercampur dengan aspal.
- d. Pada temperatur perkerasan yang tinggi, ketahanan terhadap leleh yang sudah ditingkatkan dapat bertahan, dan pada temperatur pencampuran dan penghamparan aspal tidak akan mengental; atau pada temperatur perkerasan yang rendah aspal tidak terlalu kaku atau rapuh.

Apabila dicampurkan dengan aspal, bahan tambah harus mempunyai sifat-sifat seperti ini.

- a. Sifat-sifat baik aslinya harus dapat dipertahankan, baik pada saat penyimpanan dan pengerjaan maupun selama masa pelayanan.
- b. Mudah diproses meskipun dengan peralatan konvensional.
- c. Secara fisik dan kimia tetap mantap baik pada penyimpanan, pengerjaan, maupun selama masa pelayanan.

d. Viskositas untuk penyelimutan dan penyemprotan mudah dicapai pada temperatur pelaksanaan yang normal.

( Sumber: Bunga Rampai Aspal seri 94-BHN-01, Majalah Jalan no.83, 1994 )

Dari uraian di atas dapat disimpulkan hampir seluruh persyaratan tersebut dapat dipenuhi dengan beberapa perlakuan khusus terhadap serat ijuk.

## 2.5. Karakteristik Serat Ijuk

Ijuk adalah bahan yang diambil dari pohon Aren (*Arenga Pinnata*) yang berumur lebih dari 5 tahun, ijuk yang berkualitas lebih baik biasanya diperoleh dari pohon yang lebih tua, akan tetapi sebelum bunganya terbentuk (Slamet Soeseno, 1993).

Karakteristik serat ijuk adalah seperti berikut ini.

1. Berwarna Hitam
2. Bersifat Kaku
3. Ulet, liat dan keras
4. Tahan terhadap pengaruh cuaca dan panas

( Sumber: Slamet Soeseno, 1993 , Bertanam Aren, Penebar Swadaya, Jakarta )

5. Tahan terhadap pengaruh garam dan asam
6. Memiliki tingkat keawetan yang tinggi
7. Berdiameter kurang lebih 0,5 mm

( Sumber: Hatta Sunanto, 1986, Budidaya dan Multiguna Aren )

8. Tahan terhadap korosi
9. Tahan terhadap pengaruh kondisi lembab
10. Memiliki dimensi yang stabil

(Sumber: Zbigniew .D. Jasterbski, *The Nature and Properties Engineering Materials*, John Wiley & Sons, 1987)

## 2.6. Serat di Dalam Campuran

Perkembangan teknologi komposit sangat berkembang pesat saat ini, dikarenakan tuntutan manusia untuk semakin memantapkan tingkat kebudayaannya.

Tidak terlepas dari pernyataan di atas sumbangan serat komposit terhadap peradaban manusia sangatlah besar, ini dikarenakan tuntutan manusia untuk selalu menyempurnakan sifat-sifat materi sesuai keinginannya. Sejak penelitian yang dilakukan oleh Griffith, 1921, terhadap serat gelas pada dasarnya teknologi serat sangat berkembang dengan pesatnya, diperkirakan saat ini telah memasuki tahap pematangannya.

Secara garis besar penambahan serat pada campuran pada umumnya bertujuan memperbaiki sifat-sifat mekanis campuran dan sifat-sifat ikatan yang ada dalam campuran, lebih khususnya seperti daktilitas, ketahanan terhadap retak dan tegangan runtuh campuran.

Serat diklasifikasikan berdasarkan bahan menjadi :

1. serat logam,
2. serat polimer,

3. serat mineral dan

4. serat alami.

( Sumber: Balaguru and Shah, *Fiber Reinforced Cement Composite*, 1992, Mc Graw Hill )

Penggunaan serat secara praktis tanpa adanya rekayasa sebenarnya telah dikenal sebelum masehi, hanya saja penggunaannya secara luas dan modern baru pada abad ini.

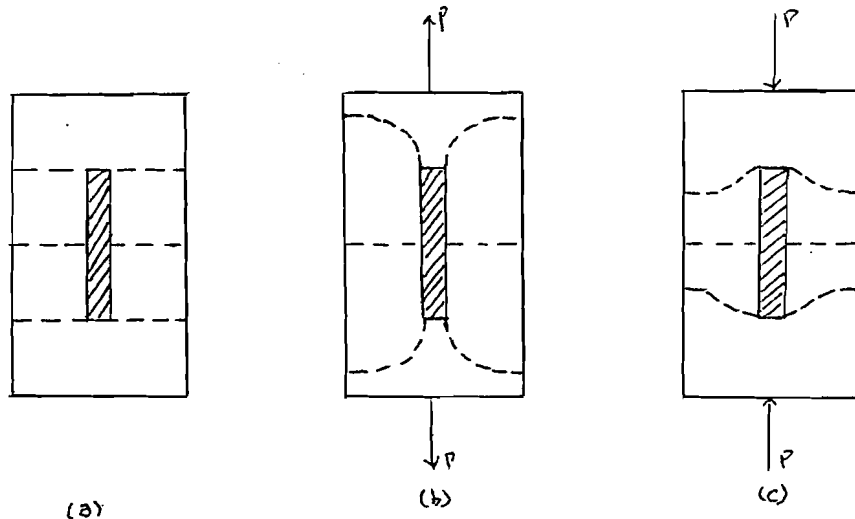
#### 2.6.1. Interaksi Serat di dalam Campuran

Hal yang terpenting dalam interaksi serat dengan campuran adalah pada saat suatu campuran dibebani akan terjadi perpindahan gaya yang diberikan pada campuran kepada serat untuk diantisipasi oleh kekuatan bahan dari serat itu sendiri dan bergantung pada beberapa faktor sebagai berikut :

1. kondisi campuran,
2. komposisi campuran,
3. bentuk geometri serat,
4. macam dari serat,
5. sifat permukaan serat,
6. perbandingan kekakuan serat terhadap campuran,
7. pengaturan penempatan serat,
8. volume fraksi serat,
9. beban yang diberikan dan
10. Ketahanan serat pada campuran dalam jangka panjang

( Sumber: Balaguru and Shah, *Fiber Reinforced Cement Composite*, 1992, Mc Graw Hill )

Apabila ditinjau per serat di dalam suatu campuran maka serat akan memberikan respon terhadap deformasi seperti terlihat pada Gambar 2.1 di bawah ini.



Gambar 2.1. Interaksi serat terhadap campuran homogen tak dapat retak ; (a) tak terbebani (b) tertarik (c) tertekan.

Pada kondisi normal hampir semua campuran akan mengalami tegangan dan akan mengalami keretakan. Mengenai gambar di atas dapat dijelaskan sebagai berikut gambar (a) pada gambar ini dikatakan bahwasanya campuran tidak mengalami kerja gaya dengan kata lain diasumsikan komulatif gaya 0 (nol), kondisi sebenarnya tetap terjadi tegangan gaya dalam akibat beda temperatur.

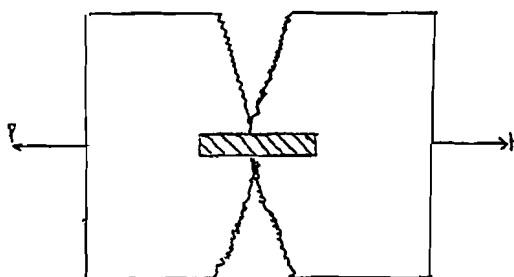
Pada gambar (b) dan gambar (c) beban diberikan pada campuran maka sebagian dari gaya (beban) tersebut dipindahkan ke sepanjang permukaan serat dan karena perbedaan kekakuan antara serat dan campuran maka gaya geser yang akan muncul pada permukaan serat. Gaya geser permukaan (berupa mekanisme gesekan dan adhesi) inilah yang membantu



memindahkan gaya luar itu ke serat .

Bilamana serat lebih kaku dibandingkan campuran maka deformasi pada dan di sekitar serat akan kecil.

Adapun interaksi lain yang mungkin terjadi, juga bisa dijelaskan dengan Gambar 2.2 di bawah ini.



Gambar 2.2. Interaksi serat terhadap campuran yang dapat retak.

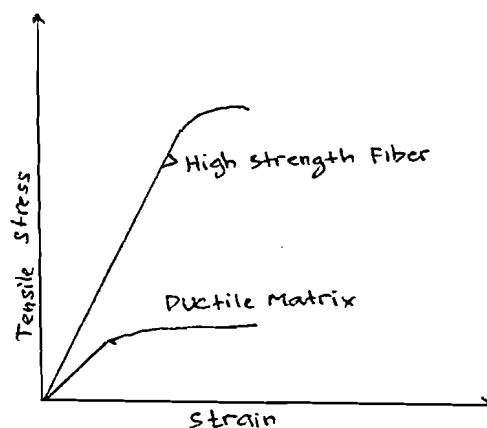
Pada Gambar 2.2 terlihat campuran yang berisikan serat terbebani tarik pada suatu ketika campuran tersebut akan retak. Ketika campuran retak maka serat akan memikul beban, ke arah tegak lurus terhadap arah retak itu. Secara praktis, yang akan menjembatani retak tersebut tidak hanya satu serat saja namun beberapa serat yang ada. Jika serat tidak dapat memindahkan beban itu secara merata maka retak akan terus terjadi.

## 2.6.2. Konsep dasar campuran berserat

### 1. Konsep dasar serat di dalam campuran yang daktil

Gambar 2.3 menunjukkan perbedaan perilaku tegangan

dan regangan (gaya tarik) pada serat gelas dengan campuran epoxy yang terlihat di bawah ini.



Gambar 2.3. Kurva tegangan-regangan pada gaya tarik antara serat dan campuran daktil.

Kurva tersebut dijelaskan sebagai berikut ini. Apabila luas area permukaan serat (bergantung fraksi volume serat di dalam campuran) optimum, maka terjadi ikatan yang baik antara serat dan campuran. Ikatan ini cukup kuat untuk membuat komposit ini lebih kuat dan lebih kaku dibanding campuran murni dan lebih daktil dibandingkan dengan perilaku serat.

Kegagalan akibat peregangan pada campuran daktil lebih besar dibandingkan serat sendiri, sehingga memungkinkan untuk menggunakan sepenuhnya tegangan potensial serat yang ada dalam campuran komposit. Lebih lanjut aplikasi serat pada campuran yang daktil yang pernah digunakan antara lain adalah komposit antara serat karbon dan suatu campur-

an resin yang digunakan untuk landas pacu bandara. Komposit ini sangat baik untuk menahan beban yang besar dan beban kejut.

## 2. Faktor efisiensi panjang serat

Serat yang dimaksud di sini adalah serat dengan panjang terbatas (*discontinuous fiber*), bukan serat yang memanjang (*continuous fiber*). Efek panjang dari serat pendek dapat dipersepsikan dalam suatu bentuk parameter panjang kritis. Yang didefinisikan sebagai suatu panjang untuk mendapatkan kemampuan cabut terbesar tanpa merusak serat itu sendiri. Dengan kata lain tegangan bahan serat yang diperoleh maksimum, yang dipindahkan dengan mekanisme geser permukaan tanpa merusak serat.

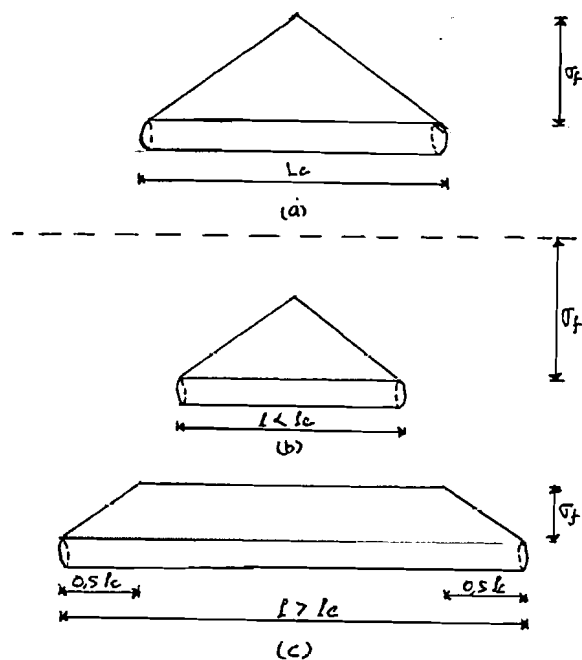
Secara matematis ini dijelaskan rumus:

$$L_c = \frac{2 * \sigma_{fu} * A}{P * \tau} \dots\dots\dots ( 2-7 )$$

dengan :

- $L_c$  = Panjang kritis
- $\sigma_{fu}$  = Tegangan putus
- $P$  = Perimeter ( keliling )
- $A$  = Luas tampang
- $\tau$  = Tegangan geser permukaan

Untuk lebih mengerti maksud rumus diatas perhatikan ilustrasi di bawah ini.



Gambar 2.4. Hubungan efek panjang serat antara tegangan geser yang dipindahkan dengan panjang kritis.

Panjang minimum dari serat dibutuhkan untuk mencapai kapasitas tegangan bahan sepenuhnya. Komposit dengan panjang serat lebih kecil dari panjang kritis, biasanya kegagalannya disebabkan oleh cabut karena panjang serat tidak cukup panjang untuk meneruskan tegangan yang ada ke tegangan bahan dan sebaliknya bila serat panjang melampaui panjang kritis maka tegangan bahan serat dapat dimaksimalkan dan bila gaya luar besar maka kegagalan berupa putus-nya serat tersebut.

Perlu diketahui pula bahwa tegangan geser permukaan serat berfungsi sebagai gaya pengangkur atau lawan dari gaya luar yang dipindahkan ke serat. Tegangan bahan serat yang ada sebanding dengan panjang serat dan tegangan geser permukaan serta berbanding terbalik dengan diameter serat.

## 2.7. Hot Rolled Sheet

*Hot Rolled Sheet* atau lebih dikenal dengan Lapis Tipis Aspal Beton merupakan lapis penutup yang dibuat dari campuran agregat bergradasi timpang, *filler* dan aspal keras dengan perbandingan tertentu yang dicampur, dihamparkan dan dipadatkan secara panas ( *Hot Mix* ). Sebagai bahan pengikat sering digunakan jenis aspal keras dengan penetrasi 60-70 ( LATASTON No. 12/PT/B/1983 ).

Lapis keras HRS mempunyai sifat lentur dan durabilitas yang tinggi, hal ini dikarenakan campuran HRS dengan gradasi timpang mempunyai rongga dalam campuran yang cukup besar, sehingga mampu menyerap jumlah aspal dalam jumlah banyak ( 7-8 % ) tanpa terjadi *Bleeding*. Disamping itu, HRS mudah dipadatkan sehingga lapisan yang dihasilkan mempunyai kedekatan terhadap air dan udara yang tinggi. Namun demikian sering terjadi kegagalan dini dalam penghamparan dan pemadatan dikarenakan HRS tidak sepenuhnya murni *Gap Graded*.

Stabilitas HRS sangat dipengaruhi oleh kekakuan dari mortar dengan cara saling mengunci ( *Internal Friction* ) antar agregat halus. Kemampuan HRS dalam menahan beban lalu lintas juga ditentukan oleh kekuatan mortarnya. Mortar adalah bahan pembentuk utama HRS yang terbuat dari agregat halus ( pasir ).

Pemakaian agregat kasar dalam campuran jumlahnya ditentukan oleh ketebalan padat lapisan yang direncanakan (2,5-3,0 cm), antara 0-30 % dari jumlah berat total campuran.

## 2.8. Modulus kekakuan

### 2.8.1. Kekakuan bitumen (*Bitumen stiffness*)

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

1. temperatur rencana perkerasan ( T ) dalam °C.
2. titik lembek atau *Softening point* (SPr) dari tes *Ring and Ball* dalam °C.
3. waktu pembebanan ( t ) dalam detik yang tergantung pada kecepatan rencana kendaraan .
4. *Penetration Index* ( P<sub>Ir</sub> )

Untuk menghitung indeks kekakuan aspal digunakan nomogram Van der Poel's seperti terlihat pada Gambar 2.5.

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

$$t = \frac{L}{V} \dots \dots \dots ( 2-8 )$$

dengan :

- V = kecepatan rencana kendaraan dalam (cm/detik).  
 L = panjang jejak roda kendaraan rencana dalam cm.  
 t = waktu pembebanan dalam detik.

Penetrasi indeks dihitung dari SPr (temperatur titik lembek) dan penetrasi bitumen setelah dihamparkan, dengan persamaan sebagai berikut :

$$PIr = \frac{1951,4 - 500 \cdot \log Pr - 20 SPr}{50 \cdot \log Pr - SPr - 120,14} \dots\dots\dots ( 2-9 )$$

dengan :  
 P<sub>Ir</sub> = Penetrasi bitumen dalam kondisi dihamparkan ( 0,1 mm ).  
 S<sub>Pr</sub> = Temperatur titik lembek dari bitumen dalam kondisi dihamparkan dalam °C.

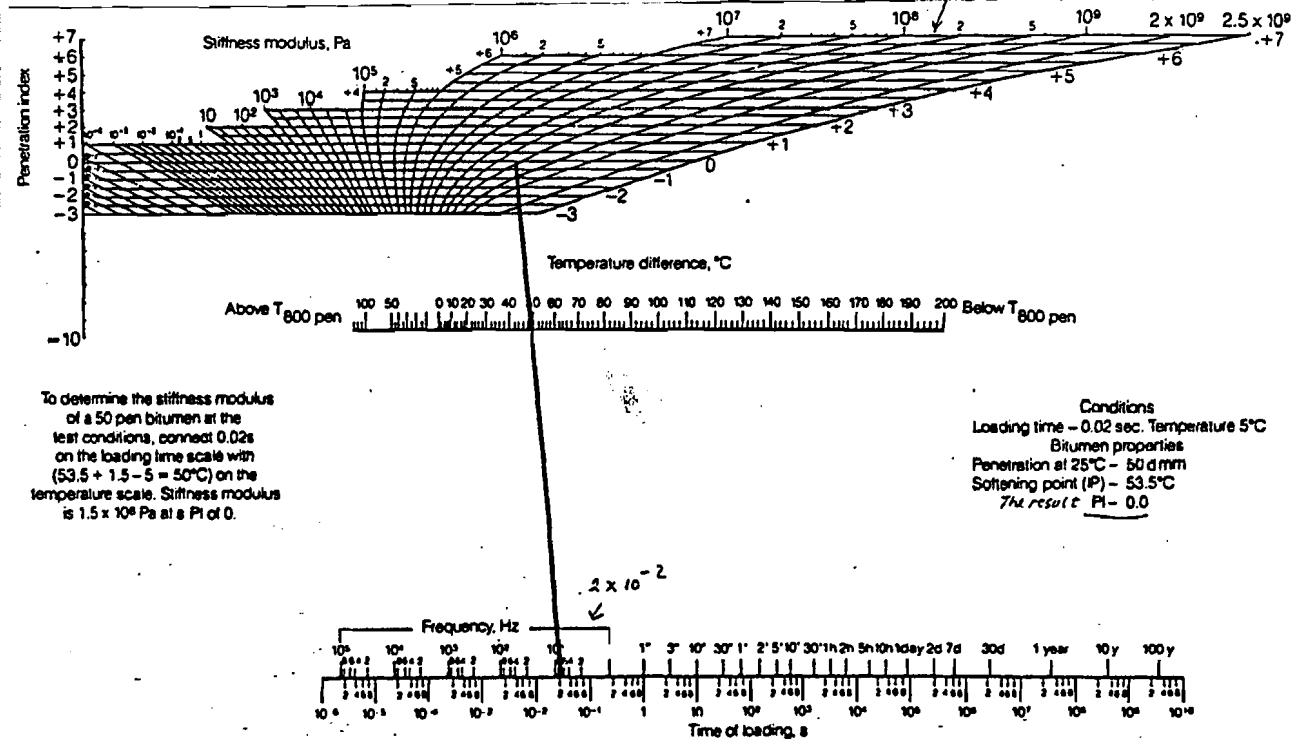
Bitumen mengalami pengerasan selama proses pencampuran, pengangkutan dan penghamparan. Nilai indeks penetrasi (P<sub>Ir</sub>) dan temperatur titik lembek (S<sub>Pr</sub>) yang digunakan dalam persamaan tersebut dalam kondisi sudah dihamparkan.

Untuk itu perlu dilakukan asumsi sebagai berikut :

$$P_{Ir} = 0,65 P_i \dots\dots\dots ( 2-10 )$$

$$S_{Pr} = 98,4 - 26,35 \cdot \log Pr \dots\dots\dots ( 2-11 )$$

dengan :  
 P<sub>i</sub> = Penetrasi bitumen dalam kondisi asli ( 0,1 mm ).



Gambar 2.5. Nomogram Van der Poel's untuk menetapkan kekakuan bitumen ( S<sub>bit</sub> ).

Karena banyaknya hitungan perencanaan berdasarkan pada karakteristik bitumen terhadap penetrasi awalnya, maka substitusi dari persamaan ( 2-10 ) dan ( 2-11 ) ke dalam persamaan ( 2-9 ) memberikan persamaan untuk indeks penetrasi dalam kondisi dihiparkkan sebagai berikut :

$$PIr = \frac{27 \cdot \log Pi - 21,65}{76,35 \cdot \log Pi - 232,82} \dots\dots\dots ( 2-12 )$$

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

$$Sb = 1,157 \cdot 10^{-7} \cdot t^{-0,368} \cdot 2,718^{PIr} \cdot (SPr - T)^5 \dots\dots\dots ( 2-13 )$$

dengan :

- Sb = *Stiffness bitumen* ( MPa )
- t = Waktu pembebanan ( detik )
- PIr = *Penetration Index*
- SPr = Temperatur titik lembek ( °C )
- T = Temperatur perkerasan ( °C )

Persamaan di atas dapat dipergunakan jika memenuhi persyaratan sebagai berikut :

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

$$-1 < PIr < 1$$

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

### 2.8.2. Kekakuan campuran (*Mix Stiffness*)

Kekakuan campuran adalah perbandingan antara tegangan dan regangan pada campuran bitumen yang besarnya bergantung pada temperatur dan lamanya pembebanan. Formula atau



metode yang diterapkan untuk menentukan *mix stiffness* ( $S_{mix}$ ) diantaranya :

### 1. Metode Shell

Untuk mencari modulus kekakuan campuran digunakan nomogram Shell. Pada metode ini diperlukan data-data sebagai berikut ini.

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

Prosentase volume bahan pengikat dapat dihitung dengan persamaan :

$$V_b = \frac{(100 - V_v)(M_B/G_b)}{(M_B/G_b) + (M_A/G_a)} \dots\dots\dots( 2-14 )$$

Kadar pori dalam campuran padat dihitung dengan persamaan :

$$V_v = \frac{(\sigma_{max} - \sigma_m) * 100}{\sigma_{max}} \dots\dots\dots( 2-15 )$$

dengan :

$$\sigma_{max} = \frac{100 * \sigma_w}{(M_B/G_b) + (M_A/G_a)} \dots\dots\dots( 2-16 )$$

Selanjutnya dapat dihitung nilai *Void in mixed aggregate* dengan persamaan :

$$\begin{aligned} \text{VMA} &= \text{Vb} + \text{Vv} \dots\dots\dots( 2-17 ) \\ \text{Vv} + \text{Vb} + \text{Vg} &= 100 \% \dots\dots\dots( 2-18 ) \end{aligned}$$

dengan :

- MA = Perbandingan berat agregat dengan total berat campuran dalam % .  
 MB = Perbandingan berat bahan ikat bitumen dengan total berat campuran dalam % .  
 Ga = Berat jenis campuran agregat dalam gr/cc.  
 Gb = Berat jenis bahan ikat campuran dalam gr/cc.  
 $\sigma_m$  = Berat volume campuran padat dalam gr/cc.  
 $\sigma_w$  = Berat volume air dalam gr/cc.  
 $\sigma_{max}$  = Berat volume campuran padat maksimum dalam gr/cc.  
 Vg = Prosentase volume agregat.  
 Vb = Prosentase volume bitumen.  
 Vv = Prosentase volume pori.

## 2. Metode Heukelom dan Klomp (1964)

Formula untuk mencari nilai kekakuan campuran seperti pada persamaan sebagai berikut :

$$S_{mix} = S_{bit} * \left[ 1 + \frac{2,5}{n} * \frac{Cv}{1 - Cv} \right] \dots\dots\dots( 2-19 )$$

dengan :

- $n = 0,83 * \log 4 \times 10^{10} / S_{bit}$   
 $S_{mix}$  = Modulus kekakuan campuran dalam  $N/m^2$   
 $S_{bit}$  = Modulus kekakuan aspal dalam  $N/m^2$

Van der Poel's menyimpulkan bahwa modulus campuran bitumen terutama tergantung pada modulus bitumen dan konsentrasi volume agregat (Cv).

$$Cv = \frac{V_G}{V_G + V_B} \dots\dots\dots( 2-20 )$$

dengan :

- $V_G$  = Prosentase volume agregat padat  
 $V_B$  = Prosentase volume rongga udara dalam campuran

Rumus di atas hanya dipergunakan untuk kepadatan

dengan volume rongga kurang dari 3 % . Untuk kepadatan dengan volume rongga lebih besar dari 3 % digunakan rumus sebagai berikut :

$$Cv' = \frac{Cv}{1 + 0,01*(Vv - 3)} \dots\dots\dots( 2-21 )$$

dengan :

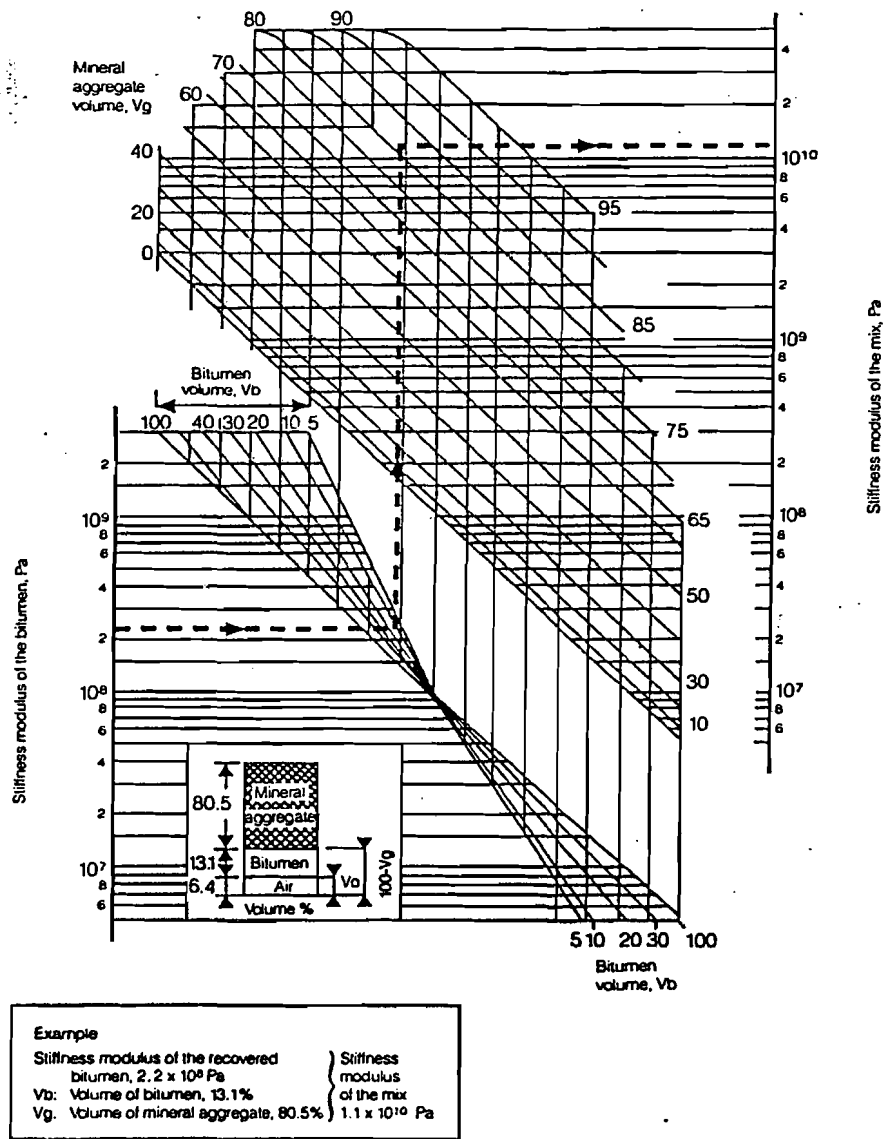
$Cv'$  = Modifikasi volume rongga agregat

$Vv$  = Volume rongga udara dalam campuran

Persamaan tersebut dapat dipakai jika konsentrasi volume bitumen (  $Cb$  ) memenuhi syarat sebagai berikut :

$$Cb > (2/3) * ( 1 - Cv' ) \dots\dots\dots( 2-22 )$$

Untuk menghitung nilai kekakuan campuran digunakan nomogram pada gambar 2.6. di bawah ini.



Gambar 2.6. Nomogram *Shell* untuk menentukan kekakuan campuran

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1. Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah suatu konstruksi di atas tanah dasar yang berfungsi untuk memikul beban lalu lintas secara aman dan cukup nyaman, yang kemudian beban tersebut disebarkan ke tanah dasar (*Subgrade*), sehingga tanah dasar tidak mendapat tekanan yang lebih besar dari daya dukung-nya.

Secara umum konstruksi perkerasan jalan dibagi menjadi dua jenis yaitu :

1. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan ikat. Lapis perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
2. Konstruksi Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*Portland Cement*) sebagai bahan ikat. Plat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh plat beton.
3. Konstruksi Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*), yaitu merupakan kombinasi antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku. Dalam artian plat beton di atas campuran aspal ataupun sebaliknya

Dalam uraian selanjutnya, pada tugas akhir ini akan dibahas mengenai lapis perkerasan lentur.

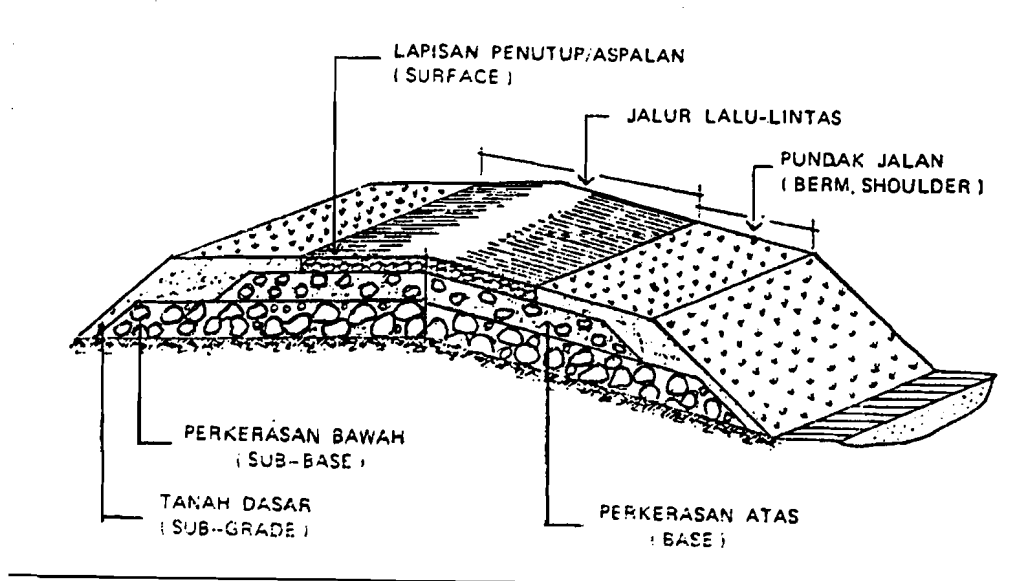
Pada prinsipnya perkerasan lentur terdiri atas tiga bagian lapisan, yaitu : lapis pondasi bawah (*Subbase Course*), lapis pondasi atas (*Base Course*) dan lapis permukaan (*Surface Course*), sebelum lapis permukaan biasanya terdapat lapisan pengikat (*Binder Course*).

Fungsi terpenting dari lapis keras jalan secara struktural adalah untuk mendukung beban lalu lintas, kemudian menyalurkannya pada tanah dasar secara lebih merata. Adapun fungsi tiap lapisan tersebut adalah sebagai berikut ini.

1. Lapis permukaan ( *Surface Course* ), berfungsi :
  - a. memikul langsung beban dari lalu lintas dan mendistribusikan beban tersebut ke lapisan dibawahnya,
  - b. memberikan lapis permukaan yang rata, sehingga nyaman bagi pemakai jalan,
  - c. menahan gaya gesek akibat beban roda kendaraan,
  - d. sebagai lapisan aus akibat gaya gesek kendaraan dan cuaca,dan
  - e. sebagai lapisan kedap air untuk melindungi lapisan dibawahnya.
2. Lapis pondasi atas ( *Base Course* ), berfungsi :
  - a. sebagai lapisan pendukung bagi lapis permukaan dan ikut menahan gaya gesek akibat beban kendaraan, dan
  - b. sebagai lapisan peresapan untuk lapis pondasi bawah.
3. Lapis pondasi bawah ( *Sub Base Course* ), berfungsi :

- a. menyebarkan beban roda kendaraan,
  - b. sebagai lapis peresapan,
  - c. mencegah tanah dasar masuk ke lapisan pondasi (akibat tekanan roda dari atas),
  - d. sebagai lapisan pertama untuk perkerasan, karena tanah dasar pada umumnya lemah, dan
4. Lapisan tanah dasar ( *Subgrade* ), berfungsi :
- a. memikul beban jalan secara keseluruhan pada bagian akhir, dan
  - b. sebagai perletakan dari lapisan di atasnya.

Untuk lebih jelasnya bisa dilihat Gambar 3.1. berikut ini.



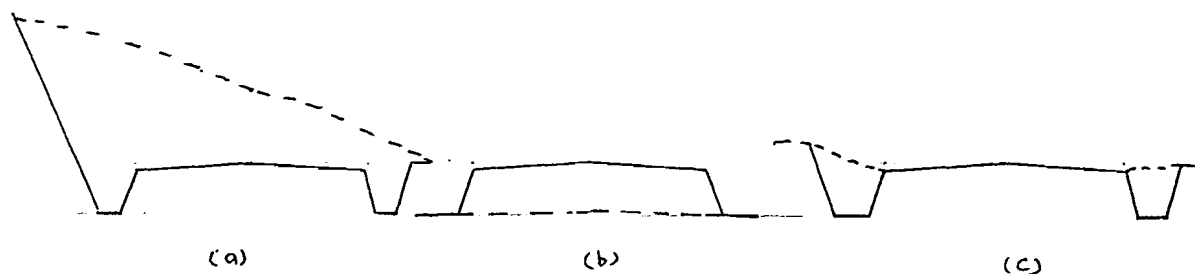
Gambar 3.1. Susunan lapis perkerasan lentur

Ditinjau dari muka tanah asli maka tanah dasar atau *Subgrade* dibedakan atas :

- a. lapisan tanah dasar berupa tanah galian,

- b. lapisan tanah dasar berupa tanah timbunan, dan
- c. lapisan tanah dasar berupa tanah asli

Untuk lebih jelasnya perhatikan Gambar 3.2. di bawah ini.



Gambar 3.2. Jenis tanah dasar ditinjau muka tanah asli

Pada penelitian ini dilakukan pengujian terhadap agregat, aspal, dan campuran aspal beton yang dibuat untuk lapis permukaan saja, dan tidak dilakukan telaah mengenai lapisan di bawah lapis permukaan.

### 3.2. Karakteristik Perkerasan

Perkerasan jalan raya harus memenuhi karakteristik tertentu sehingga didapatkan lapis perkerasan yang kuat, awet, aman dan nyaman untuk melayani lalu lintas. Karakteristik dari lapisan perkerasan juga tidak bisa lepas dari pemahaman yang baik akan sifat bahan penyusunnya, khususnya perilaku aspal apabila berada dalam campuran lapis perkerasan. Adapun unsur-unsur yang harus dimiliki oleh lapis perkerasan adalah stabilitas, durabilitas, fleksibilitas dan daya tahanan terhadap geser.



### 3.2.1. Stabilitas

Pengertian tentang stabilitas adalah ketahanan lapis keras untuk tidak berubah bentuk untuk melawan deformasi yang diakibatkan oleh beban lalu lintas. Stabilitas tidak selalu identik dengan daya dukung lapis perkerasan.

Beberapa variabel yang mempunyai hubungan terhadap stabilitas lapis perkerasan antara lain adalah gesekan, kohesi dan adhesi serta inersia.

*Friction* (gaya gesek) itu sendiri bergantung pada tekstur permukaan, gradasi dari agregat, bentuk batuan, kerapatan campuran dan kualitas aspal. Hal ini kemudian dikombinasikan dengan gesekan dan kemampuan saling mengikat dari agregat dalam campuran. Nilai adhesinya merupakan daya lekat dari masing-masing partikel bahan perkerasan tersebut terhadap aspal dan nilai kohesi batuan akan tercermin melalui sifat kekerasannya, sedangkan nilai kohesi dari campurannya bergantung pada gradasi agregat dan daya adhesi aspal. Nilai inersianya merupakan kemampuan lapis keras untuk menahan perpindahan tempat (*Resistance to Displacement*) yang mungkin terjadi akibat dari beban lalu lintas baik karena besarnya beban tersebut maupun lamanya waktu pembebanan.

Memaksimalkan nilai stabilitas dapat berarti menurunkan nilai fleksibilitas, karena dengan menggunakan gradasi yang rapat dan saling mengunci maka nilai struktural perkerasan tersebut akan menjadi sangat kaku, tidak cukup fleksibel (lentur).

### 3.2.2. Keawetan ( *Durability* )

Durabilitas adalah ketahanan lapis keras terhadap cuaca dan keausan akibat beban lalu lintas . Dikarenakan sifat aspal dapat berubah karena oksidasi dan perubahan campuran akibat air. Pada umumnya durabilitas yang baik untuk campuran perkerasan dilaksanakan dengan kadar aspal yang tinggi, gradasi batuan yang baik, serta suatu campuran yang impermeabel.

Dipandang dari sudut jumlah kadar aspal yang digunakan maka dapat dikatakan bahwa semakin banyak kadar aspalnya maka akan bertambah tebal lapisan aspal yang menyelimuti tiap-tiap butiran batuan dalam campuran. Semakin tebal perlindungannya maka perkerasan akan menjadi lebih tahan lama. Dengan demikian penambahan kadar aspal akan mengurangi jumlah pori-pori yang ada dalam campuran sehingga air dan udara sukar untuk dapat masuk ke dalam campuran perkerasan tersebut.

Dalam meredam gaya-gaya pengausan yang mungkin terjadi maka penggunaan batuan dengan sifat kekerasan yang tinggi memegang peranan yang cukup penting.

Sebagaimana diketahui bahwa batuan yang baik untuk perkerasan jalan adalah yang memiliki nilai abrasi yang rendah, sedangkan batuan berkualitas rendah akan bernilai abrasi tinggi.

Bila pada lapis perkerasan jalan dipergunakan batuan berkualitas rendah maka proses pengausan/pecah-pecah akan cepat terjadi yang kemudian dapat menimbulkan kerusakan

berupa terlepasnya/tergesernya batuan sehingga menimbulkan deformasi berupa cekungan yang dapat menampung dan meresapkan air, yang selanjutnya membantu proses kerusakan jalan secara keseluruhan.

### 3.2.3. Fleksibilitas

Fleksibilitas didefinisikan sebagai kemampuan campuran untuk menyesuaikan diri terhadap Bergeraknya lapisan-lapisan perkerasan yang diakibatkan beban gandar lalu lintas maupun perubahan yang terjadi pada lapisan pondasi, secara berulang-ulang tanpa terjadi perubahan yang berarti pada campuran itu baik berupa retak-retak maupun cekungan di bagian permukaannya.

Pada umumnya nilai fleksibilitas dapat ditingkatkan dengan jalan memberikan kadar aspal yang tinggi, menggunakan gradasi terbuka ( *Open Graded* ) dan satu lagi yang akan dicoba di sini adalah memberikan bahan tambah seperti serat ijuk . Perlu ditekankan kembali di sini bahwa nilai fleksibilitas merupakan suatu kondisi kompromi dengan nilai stabilitas campuran aspal beton.

### 3.2.4. Kekesatan

Kekesatan ( *Skid Resistance* ) adalah kemampuan lapis permukaan ( *Surface Course* ) pada lapisan perkerasan untuk mencegah terjadinya slip dan tergelincirnya roda kendaraan pada permukaan jalan.

Penggunaan aspal optimum, agregat yang kasar serta

penggunaan serat tertentu pada gilirannya akan memberikan lapisan permukaan yang kasar. Sejalan dengan tujuan di atas penggunaan gradasi terbuka juga akan membentuk tekstur permukaan lapis keras yang kasar dengan asumsi tidak terjadi proses keluarnya aspal dari lapisan tersebut (*Bleeding*) akibat suhu udara dan suhu lapisan campuran di lapangan tinggi, melainkan aspal tersebut mengisi rongga udara yang terdapat dalam campuran, sehingga lapisan permukaan perkerasan tidak menjadi licin dan bergelombang.

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

Tahanan kelelahan adalah ketahanan dari campuran aspal dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan yang berupa alur (*rutting*) dan retak.

### 3.3. Syarat-Syarat Kekuatan Struktural dan Non Struktural

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

- a. Ketebalan yang cukup, sehingga mampu menyebarkan dan mengantisipasi beban ( gaya horisontal/geser dan gaya vertikal ) lalu lintas. Untuk itu persyaratan yang dituntut adalah kuat (mampu memikul beban), kaku (lendutan kecil) dan stabil.
- b. Memiliki stabilitas yang cukup dan dapat memikul beban lalu lintas tanpa terjadi deformasi, bergelombang atau desakan samping.

- c. Tidak terjadi retakan akibat beban lalu lintas.
- d. Campuran aspal harus memiliki keawetan yang cukup tinggi dan tidak mudah usang akibat beban lalu lintas dan pengaruh cuaca.
- e. Kedap terhadap air, sehingga air tidak dapat meresapkan air ke lapisan di bawahnya.
- f. Menyediakan permukaan yang tetap rata, agar kendaraan dapat berjalan dan memperoleh kenyamanan yang cukup.
- g. Permukaan mudah mengalirkan air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya dapat cepat mengalir.
- h. Membentuk permukaan yang tidak licin, sehingga tersedia koefisien gesek (*Skid Resistance*) yang cukup.

Untuk dapat memenuhi hal tersebut di atas perencanaan pelaksanaan konstruksi perkerasan lentur jalan harus mencakup :

- a. Perencanaan tebal masing-masing perkerasan.
- b. Berdasarkan daya dukung *Base Course*, beban lalu lintas, keadaan lingkungan dan jenis lapisan yang dipilih.
- c. Analisis campuran bahan.
- d. Berdasarkan mutu dan bahan setempat yang tersedia, direncanakan suatu susunan campuran tertentu sehingga terpenuhi spesifikasi dari jenis lapisan yang dipilih.
- e. Pengawasan pelaksanaan pekerjaan.

- f. Pengawasan pelaksanaan pekerjaan yang cermat mulai dari tahap penyiapan lokasi dan material sampai tahap pencampuran, penghamparan dan akhirnya pemadatan.

### 3.4. *Hot Rolled Sheet*

#### 3.4.1. Pengertian Umum

*Hot Rolled Sheet* ( Lapis Tipis Aspal Beton ) merupakan lapis penutup yang terdiri atas campuran antara agregat bergradasi timpang ( *Gap Graded* ), *Filler* dan aspal keras dengan perbandingan tertentu, yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas (tebal padat 2,5 atau 3 cm).

#### 3.4.1.1. Fungsi

Lapis Tipis Aspal Beton ( <sup>asfalter</sup> HRS ) mempunyai fungsi sebagai lapis penutup untuk mencegah masuknya air dari permukaan ke dalam konstruksi perkerasan sehingga dapat mempertahankan kekuatan konstruksi sampai tingkat tertentu.

#### 3.4.1.2. Sifat-sifat

Lapis Tipis Aspal Beton ( HRS ) mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

- a. kedap air,
- b. kekenyalan yang tinggi,

- c. awet, dan
- d. dianggap tidak mempunyai nilai struktural

#### 3.4.1.3. Penggunaan

Lapis Tipis Aspal Beton ( HRS ) umumnya dilaksanakan pada jalan yang telah beraspal dengan ketentuan sebagai berikut ini.

- a. Jalan yang stabil dan rata/dibuat rata.
- b. Jalan yang mulai retak-retak atau mengalami degradasi permukaan.

#### 3.4.2. Bahan

Bahan yang digunakan untuk Lapis Tipis Aspal Beton (HRS) dibuat dari agregat, *Filler* dan aspal keras.

##### 3.4.2.1. Agregat

Agregat yang digunakan sebagai bahan campuran, dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu agregat kasar dan agregat halus.

##### 1. Agregat Kasar

Agregat kasar yang dipergunakan bisa berupa batu pecah atau kerikil dengan persyaratan sebagai berikut ini.

- a. Keausan agregat bila diperiksa dengan mesin Los Angeles pada putaran 500 (PB-0206-76), maksimum 40 %.



- b. Kelekatan terhadap aspal (PB-0205-76),  
lebih besar 95 %.

## 2. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan bisa berupa pasir, *Screening* ( hasil pemecah batu ) atau campuran dari kedua bahan tersebut, yang harus memenuhi persyaratan berikut ini.

- a. *Sand Equivalent* ( AASHTO T-176 ), minimum  
50 %.
- b. Non plastis

### 3.4.2.2. Bahan Pengisi ( *Filler* )

Bahan pengisi dapat berupa abu kapur, semen portland atau abu batu. Dalam penelitian ini digunakan abu batu yang lolos saringan nomor 200 dan tertahan di pan.

### 3.4.2.3. Aspal Keras

Aspal keras yang digunakan dapat berupa aspal keras penetrasi 60 atau penetrasi 80 yang harus memenuhi persyaratan seperti yang tertera pada Tabel 3. berikut ini.



Tabel 3.1. Persyaratan aspal keras

Jenis Pemeriksaan	Cara Pemeriksaan	Persyaratan				Satuan
		Pen. 60		Pen. 80		
		min.	max.	min.	max.	
1. Penetrasi (25°C, 5 detik)	PA-0301-76	60	79	80	99	0,1 mm
2. Titik Lembek ( Ring & Ball )	PA-0302-76	48	58	46	54	°C
3. Titik Nyala ( Clev. Open Cup )	PA-0303-76	200	-	225	-	°C
4. Kehilangan Berat (163°C, 5 jam)	PA-0304-76	-	0,4	-	0,6	% Berat
5. Kelarutan ( CCl <sub>4</sub> atau CS <sub>2</sub> )	PA-0305-76	99	-	99	-	% Berat
6. Daktilitas (25°C, 5 cm/menit)	PA-0306-76	100	-	100	-	cm
7. Penetrasi Setelah Kehilangan Berat	PA-0301-76	75	-	75	-	% semula
8. Berat Jenis ( 25 °C )	PA-0307-76	1	-	1	-	

( Sumber : DPU , Dirjen Bina Marga , Lataston (Fleksibel)  
, 12/PT/B/1983 )

Sifat-sifat aspal yang dominan pengaruhnya terhadap perilaku lapis keras jalan adalah sifat thermoplastis dan keawetan. Adapun maksud dari hal di atas adalah :

#### 1. Sifat thermoplastis

Aspal merupakan bahan thermoplastis maka konsistensinya ( Viskositas ) akan berubah dengan berubahnya temperatur. Dengan sifat thermoplastis dari aspal akan sangat menguntungkan dari sudut

pelaksanaan konstruksi.

Pada viskositas rendah aspal akan dapat membasahi dan menyelimuti batuan yang dicampurkan ke dalamnya sehingga permukaan batuan dapat terselimuti secara merata dengan ketebalan yang cukup. Untuk mendapatkan viskositas yang rendah diperlukan temperatur yang tinggi dengan pemanasan, akan tetapi pemanasan yang terlalu tinggi akan berakibat merusak sifat-sifat aspal sehingga aspal cepat mengeras.

Sebaliknya pemanasan yang kurang akan berakibat aspal tidak dapat menyelimuti batuan secara merata, sehingga ikatan antar batuan kurang kuat dan akan mengurangi kekuatan lapis keras jalan dalam mendukung beban.

## 2. Sifat Keawetan

Sifat Keawetan (*Durability*) aspal didasarkan pada daya tahan terhadap perubahan-perubahan sifat apabila mengalami proses pelaksanaan konstruksi, pengaruh cuaca dan akibat beban lalu lintas. Sifat keawetan aspal yang paling utama adalah daya tahannya terhadap proses pengerasan.

Faktor-faktor yang sangat berpengaruh atas terjadinya pengerasan adalah :

### a. Oksidasi

Oksidasi adalah terjadinya reaksi antara oksigen dengan aspal. Proses ini bergantung

pada sifat aspal dan temperatur. Pada temperatur biasa efek oksidasi akan memberikan suatu lapisan yang keras pada permukaan aspal. Lapisan film ini tipis tetapi apabila terjadi retak-retak maka oksidasi terjadi lagi. Aspal yang mengeras menunjukkan durabilitas yang kurang baik.

b. Penguapan ( *Volatilization* )

Adalah menguapnya bagian-bagian yang mempunyai berat molekul ringan dari aspal karena pengaruh penambahan temperatur dan pengadukan pada suatu pelaksanaan konstruksi jalan. Dengan penambahan temperatur akan mempercepat proses penguapan bagian-bagian aspal, sehingga aspal akan cepat mengeras. Dengan temperatur pemanasan yang terlalu tinggi sifat keawetan aspal terhadap proses pengerasan akan lebih pendek waktunya ( cepat mengeras ).

#### 3.4.2.4 Bahan Tambah

Bahan tambah yang dipergunakan dalam campuran HRS pada penelitian ini adalah serat ijuk. Dengan divariasikan terhadap berat total campuran, dipakai kadar serat ijuk 0 %, 0,5 %, 1,0 %, 1,5 %, 2,0 %.

Selain persyaratan modifikasi aspal yang harus dipenuhi sebagaimana diuraikan pada Bab II sub bab 2.4. Bahan tambah, juga harus memenuhi persyaratan yang dikeluarkan

Bina Marga seperti berikut ini.

1. Mudah terdistribusi secara merata dalam campuran kering beton aspal pada temperatur 160°C-170°C.
2. Dapat dipisahkan atau diekstraksi kembali dari campuran panas beton aspal.
3. Tahan terhadap temperatur sampai dengan suhu 250°C, minimal selama waktu pencampuran.

### 3.4.3. Perencanaan Campuran

#### 3.4.3.1. Data Perencanaan

Data perencanaan yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut :

- a. jenis agregat,
- b. gradasi agregat,
- c. mutu agregat,
- d. jenis aspal keras,
- e. rencana tebal lapisan, dan
- f. jenis bahan pengisi ( *Filler* ).

#### 3.4.3.2. Perhitungan campuran

Ada dua cara untuk menentukan komposisi campuran LATASTON yaitu cara Marshall dan cara Resep. Cara Marshall adalah cara yang disarankan untuk digunakan karena perencana dapat menentukan komposisi campuran secara teliti.

Cara Resep dapat digunakan bilamana keadaan

lapangan cukup menguntungkan dan memungkinkan untuk mendapatkan bahan ( agregat dan *Filler* ) yang bermutu baik ( lihat Lataston, No. 12/PT/B/1983 ).

Dalam penelitian ini mengacu kepada usulan yang digunakan oleh CQCMU edisi Agustus 1988 , kadar aspal yang diusulkan adalah 6,3% , 6,7% , 7,1% dan 8,0% serta dengan menggunakan 7,5% sebagai kadar aspal alternatif dikarenakan rentang antara 7,1% dengan 8,0% dianggap terlalu jauh.

Diharapkan dengan kondisi diatas akan memenuhi persyaratan pada Tabel 3.2 sebagai berikut :

Tabel 3.2. Spesifikasi HRS B

No.	Spesifikasi	Nilai
1.	Jumlah Tumbukan	75 * 2
2.	Rongga udara	3 - 6 %
3.	Tebal Film Aspal	> 8 um
4.	<i>Quotient Marshall</i>	1,8-5,0 kN/mm
5.	Stabilitas	550-1250 kg
6.	<i>Flow</i>	3 - 7 mm

( Sumber : Dirjen Bina Marga, CQCMU, Edisi Agustus 1988 , Manual Supervisi Lapangan Untuk Staf Pengendali Mutu ).

## BAB IV

### HIPOTESA

Kenyataan di lapangan Lapis Tipis Aspal Beton sering mengalami kegagalan baik itu berupa keretakan dini yang diakibatkan oleh beberapa hal seperti pencampuran yang tidak homogen, turunnya temperatur penghamparan dan pemadatan yang terlalu jauh dari yang disyaratkan, pembukaan jalan sebelum umur pemadatan melampaui 2 jam maupun tidak menentukannya tingkat keawetannya yang diakibatkan HRS bukanlah *Gap Graded* murni serta interaksinya dengan beban lalu lintas berulang-ulang (berupa manuver yang rumit dan tidak standar seperti : *Turning, Braking, dan Accelerating* akibat perubahan gandar kendaraan ) dan cuaca yang berubah-ubah.

Dilatarbelakangi oleh kenyataan di lapangan dan pernyataan yang mengatakan bahwa HRS tidak memiliki nilai struktur maka Lapis keras *Hot Rolled Sheet* dirasa perlu untuk diberikan bahan tambah sebagai upaya untuk mengatasi hal-hal di atas dan memperbaiki sifat-sifatnya.

Dengan penelitian ini diharapkan penambahan serat ijuk pada HRS dapat meningkatkan kualitas campuran berupa peningkatan sifat-sifat : stabilitas, durabilitas, fleksibilitas dan ketahanan terhadap kelelahan, yang pada dasarnya mempertahankan atau bahkan meningkatkan parameter-parameter Marshall selama hal tersebut memenuhi spesifikasi yang digariskan maupun masih dalam batas toleransi.

## BAB V

### CARA PENELITIAN

Untuk mengetahui seberapa jauh peranan serat ijuk pada campuran aspal beton HRS, pada penelitian ini dibuat sampel Marshall . Sampel tersebut divariasikan terhadap kadar aspal 6,3 %, 6,7 %, 7,1 %, 7,5 % dan 8,0 %, serta jumlah kadar serat bervariasi yaitu : 0 %, 0,5 %, 1,0 %, 1,5 %, dan 2,0 % , sehingga diperoleh matrik 5x5 dan diperoleh 25 jenis sampel yang dibuat duplo (2) pada tiap jenisnya. Jadi jumlah total sampel 50 buah.

Pada penelitian ini dilakukan serangkaian pengujian yang meliputi :

- a. Pengujian bahan yang terdiri dari :
  1. Pengujian serat ijuk
  2. Pengujian agregat
  3. Pengujian aspal
- b. Pengujian sampel yang dilakukan dengan *Marshall Test* sesuai dengan ketentuan yang lazim dilakukan.

#### 5.1. Bahan

##### 5.1.1. Asal Bahan

Bahan-bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini agregat berasal dari daerah Clereng , Kulon Progo hasil alat pemecah batu ( *Stone Crusher* ) milik PT. PERWITA KARYA Yogyakarta di *Base Camp* Piyungan, Bantul. Serat ijuk

diperoleh dari dusun Karang Anak, Muntilan, Kabupaten Magelang, Propinsi Jawa Tengah. Sedangkan aspal yang dipergunakan adalah jenis AC 60-70 produksi PERTAMINA Cilacap yang diperoleh dari PT. PERWITA KARYA Yogyakarta.

#### 5.1.2. Persyaratan dan pengujian bahan

Bahan-bahan yang dipergunakan dalam penelitian sebelumnya diuji di laboratorium untuk mendapatkan bahan penelitian yang berkualitas tinggi. Persyaratan bahan yang berupa agregat serta aspal, dan digunakan spesifikasi seperti yang telah ditetapkan pada Lataston no.12/PT/B/1983 dan Laston no.13/PT/B/1983. Sedangkan untuk pengujian serat ijuk peneliti mengacu pada cara kerja pembuatan campuran aspal beton agar ijuk dapat dinilai kelayakannya sebagai bahan tambah campuran aspal beton panas. Selain itu penelitian ini mengacu pada Balaguru dan Shah, *Fiber Reinforced Concrete*, Mc Graw Hill, 1992 dan Zbigniew D Jastrezebksi, *The Nature and Properties of Engineering Material*, John Wiley & Sons, 1987 untuk membuat benda uji walaupun terjadi modifikasi pada beberapa bagian. Adapun pengujian tersebut dapat dijabarkan sebagai berikut ini.

- a. Pembuatan dan pengujian benda uji untuk meneliti tegangan tarik rerata dan tegangan geser permukaan rerata dari ijuk, meliputi langkah-langkah sebagai berikut ini.

1. Serat ijuk dipilih secara visual dengan mengguna-



kan penggaris yang panjangnya lebih besar dari 20 cm serta diameter berkisar 0,5 mm , berwarna hitam, tidak lapuk kemudian dijemur.

2. Alat pencetak , mortar beton dan aspal disiapkan, serat ijuk telah dimasukkan secara beraturan di dalam alat pencetak.
3. Mortar beton dituangkan pada alat pencetak untuk benda uji tegangan tarik dan pada satu sisi benda uji tegangan geser permukaan, diupayakan agar alat pencetak tidak mengalami perubahan bentuk serta serat ijuk tetap dalam keadaan kencang beraturan.
4. Aspal yang telah dipanaskan juga dituangkan pada alat pencetak untuk benda uji tegangan geser permukaan pada satu sisi lainnya. Diupayakan agar serat ijuk tetap kencang beraturan dan alat pencetak tidak mengalami perubahan bentuk.
5. Benda uji didiamkan hingga beton dan aspal mengeras kira-kira umur 8 hari.
6. Pelat penjepit benda uji dibuat.
7. Pengujian siap dilakukan dengan mesin Shimadzu UMH-30 dengan skala dial terkecil. Dalam pengujian ini dinyatakan gagal, karena dial Shimadzu UMH-30 tidak bergerak menunjukkan adanya pembebanan.
8. Dikarenakan hal di atas maka penarikan dilakukan ulang dengan cara manual. Benda uji digantung

pada suatu rangka, kemudian pada bagian bawahnya diberikan karung untuk menggantung beban yang akan diberikan. Beban berupa agregat diberikan di dalamnya.

9. Untuk benda uji tarik apabila terjadi serat ijuk putus satu atau beberapa maka beban itu ditimbang dan dicatat, dengan asumsi bahwa tegangan tersebut adalah tegangan putus.
  10. Untuk benda uji tarik<sup>aksi</sup> apabila keseluruhan serat tercerabut dari aspal maka beban itulah yang ditimbang dan dicatat. Dari tegangan-tegangan yang diperoleh dapat dihitung panjang kritis.
- b. Pengujian ketahanan terhadap panas dari serat ijuk dilakukan sebagai berikut ini.
1. Setelah direncanakan suatu panjang serat ijuk, maka serat dipotong menurut ukuran 1 cm dan 2cm.
  2. Disiapkan berat serat ijuk 12 gram untuk dipanaskan dalam oven untuk dua ukuran tersebut. Masukkan ke dalam oven panaskan pada suhu di atas  $150^{\circ}\text{C}$  selama 4 jam. Pada serat dengan panjang 2 cm terjadi pelengkungan serat sementara pada panjang 1 cm tidak terjadi.
  3. Diamati hasilnya, pada penelitian ini serat ijuk tidak mengalami deformasi yang berarti.
- c. Pengujian ketahanan terhadap proses pembuatan sampel dan proses ekstraksi, dalam hal ini dibuat dua sampel menurut ukuran serat ijuk di atas dengan

berat berkisar 12 gram. Selanjutnya dilakukan langkah-langkah sebagai berikut ini.

1. Agregat, aspal dengan kadar tertentu dan serat ijuk dicampur. Kesulitan yang timbul diamati. Kesulitan yang terjadi ada pada serat ijuk dengan panjang 2 cm menunjukkan adanya efek penggumpalan (*balling effect*).
2. Selanjutnya campuran dicetak, dipadatkan 2x75 tumbukan sesuai prosedur yang lazim. Setelah dikeluarkan ternyata pada sampel dengan serat ijuk 2 cm mengalami kesukaran pemadatan ini terlihat apabila pada sampel tersebut ditekan maka akan dirasakan penggelembungan sampel pada titik tertentu. Sementara pada sampel 1 cm mengalami penggelembungan yang tidak berarti.
3. Kemudian kedua sampel tersebut diekstraksi dan diamati hasilnya. Serat pada dasarnya dapat dipisahkan dari agregat. Pada serat ijuk dengan ukuran 2 cm terlihat deformasi yang nyata berupa patahnya serat ijuk akibat proses ekstraksi dan pemadatan. Dari ketiga langkah tersebut disimpulkan panjang serat ijuk masih harus disesuaikan.

#### **b. Pemeriksaan agregat**

Pemeriksaan agregat atau batuan merupakan komponen utama dari perkerasan lentur jalan yang mengandung 90-95 % agregat berdasarkan prosentase berat atau 75-85 % agregat

berdasarkan prosentase volume. Adapun untuk mengetahui kualitas agregat dilakukan pemeriksaan seperti berikut ini.

1. Tingkat keausan, ketahanan agregat terhadap proses penghancuran diperiksa menggunakan percobaan abrasi dengan mesin Los Angeles berdasarkan PB-0206-76 atau AASTHO T96-77. Nilai yang tinggi menunjukkan banyaknya benda uji yang hancur akibat putaran alat. Di dalam mesin Los Angeles tersebut terjadi proses tumbukan gesekan antara bola baja, dinding mesin dan agregat itu sendiri. Nilai abrasi yang disyaratkan adalah lebih kecil dari 40 % yang menunjukkan suatu agregat yang layak digunakan.
2. Daya lekat terhadap aspal, diuji sesuai dengan prosedur PB-0205-76 atau AASTHO T182-82. Kelekatan agregat terhadap aspal dinyatakan dalam prosentase luas permukaan batuan yang tertutup aspal terhadap luas permukaan batuan yang bernilai minimal 95 % .
3. Penyerapan air, dilakukan untuk mengetahui besarnya air yang terserap oleh agregat. Besarnya penyerapan air yang diijinkan mempunyai nilai maksimum 3 % . Air yang telah diserap oleh agregat sukar dihilangkan seluruhnya walaupun melalui proses pengeringan sehingga mempengaruhi daya lekat aspal terhadap agregat.
4. Berat jenis (*specific gravity*), adalah perbandingan antara berat volume agregat dengan beratvolume air. ✓

Pemeriksaan berat jenis ini sesuai prosedur PB-0202-76 atau AASTHO T85-81 dengan syarat minimum 2,5. Besarnya berat jenis agregat penting untuk diketahui karena perencanaan campuran agregat dengan aspal direncanakan berdasarkan perbandingan berat dan juga untuk menentukan banyaknya pori.

5. *Sand equivalent test*, dilakukan untuk mengetahui kadar debu/bahan yang menyerupai lempung pada agregat halus (*fine aggregate*). *Sand equivalent test* dilakukan untuk agregat yang lolos nomor 4 sesuai prosedur AASTHO T176-73. Nilai yang disyaratkan minimum 50 %. Adanya lempung mengakibatkan luas yang harus diselimuti aspal bertambah.

#### c. Pengujian bahan ikat aspal

Aspal merupakan hasil produksi dari bahan-bahan alam dan merupakan bahan ikat lapis permukaan, sehingga sifat-sifat aspal harus selalu diperiksa di laboratorium untuk menjamin masih bisa dipertahankannya sifat-sifat aspal sebagai bahan pengikat. Pemeriksaan yang dilakukan untuk aspal keras adalah sebagai berikut ini.

1. Pemeriksaan penetrasi (*Penetration test*), ini dimaksudkan untuk memeriksa tingkat kekerasan aspal. Prosedur pemeriksaan mengikuti PA-0301-76 atau AASTHO T49-80. Besarnya angka penetrasi aspal AC 60-70 adalah berkisar antara 60 sampai 79.
2. Pemeriksaan titik lembek (*Softening point test*), temperatur pada saat aspal mulai menjadi lunak.

Pemeriksaan dilakukan dengan menggunakan gelas kaca yang diisi aquadest ataupun gliserin yang di dalamnya terdapat susunan rangka, bola baja dan cincin yang terbuat dari logam kuningan. Aspal menutup seluruh lubang cincin tersebut. Pemanasan dilakukan terhadap peranti itu secara perlahan. Adapun yang dimaksud titik lembek ialah suhu aspal yang mengalami pelembehan hingga bola baja yang terletak mulanya pada cincin turun hingga menyentuh plat pada bagian bawah rangka. Prosedur pemeriksaan mengikuti PA-0302-76 atau AASTHO T53-81 dengan nilai yang disyaratkan  $48^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $58^{\circ}\text{C}$ .

3. Titik nyala dan titik bakar, pemeriksaan mengikuti prosedur PA-0303-76 atau AASTHO T48-81, percobaan titik nyala dimaksudkan untuk mencari suhu aspal yang terlihat menyala sesaat. Sedangkan titik bakar yaitu mencari suhu aspal yang menyala berkisar 5 detik. Besarnya titik nyala yang disyaratkan minimum adalah  $200^{\circ}\text{C}$ .
4. Kelarutan dalam larutan  $\text{CCL}_4$ , dilakukan untuk menentukan jumlah bitumen yang larut dalam *Carbon tetra Chloride*. Jika semua bitumen yang diuji larut dalam  $\text{CCL}_4$  maka bitumen tersebut adalah bitumen murni. Prosedur pemeriksaan mengikuti PA-0305-76 atau AASTHO T44-81 dengan persyaratan minimal 99 % .
5. Daktilitas aspal, tujuannya untuk mengetahui sifat kohesi dalam aspal itu sendiri dengan mengukur jarak

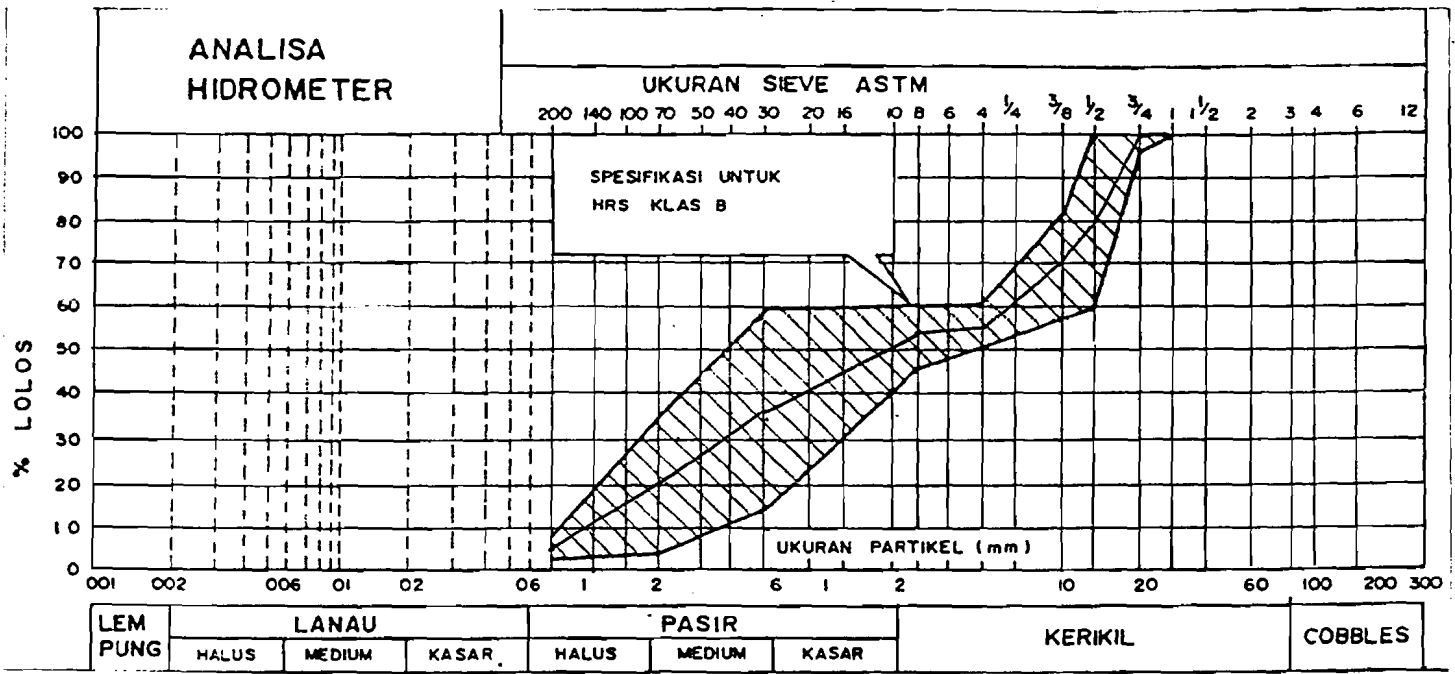
terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi bitumen keras yang belum putus, pada suhu ruang dengan kecepatan penarikan 5 cm/menit. Pemeriksaan mengikuti prosedur PA-0306-76 atau AASTHO T51-81, besarnya daktilitas aspal adalah minimal 100 cm panjang.

6. Berat jenis, adalah perbandingan berat aspal dengan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu. Prosedur pemeriksaan PA-0307-76 atau AASTHO T228-79, dengan nilai yang disyaratkan 1 (satu). Berat jenis aspal diperlukan untuk perhitungan dalam analisis campuran.

## 5.2. Perencanaan Campuran Tengah

### 5.2.1. Gradasi Agregat Tengah

Gradasi tengah merupakan nilai tengah dari suatu rentang spesifikasi teknis yang mengacu pada Petunjuk Pelaksanaan Lapis Tipis Aspal Beton No. 12/PT/B/1983 Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga dan Dirjen Bina Marga, Manual Supervisi Lapangan untuk Staff Pengendali Mutu, *Central Quality Control and Monitoring Unit*, Agustus 1988.



Gambar 5.1. Spesifikasi gradasi HRS B dan gradasi tengah

( Sumber : CQCMU , Edisi Agustus 1988 )

Tabel 5.1. Gradasi tengah untuk HRS kelas B ( LATASTON )

No. Saringan	Gradasi	
	Spesifikasi	Tengah
3/4"	96 - 100	100
1/2"	60 - 100	80
3/8"	58 - 82	70
# 4	50 - 60	55
# 8	46 - 60	53
# 30	15 - 59	37
# 70	6 - 34	20
# 200	2 - 8	5

( Sumber : CQCMU , Agustus 1988 )



### 5.2.2. Kadar Aspal

Dalam telaah ini tidak lagi menentukan kadar aspal optimum sementara melainkan mengacu pada Manual Supervisi Lapangan Untuk Staff Pengendali Mutu, CQCMU, Dirjen Bina Marga halaman 51, dimaksudkan agar dalam melaksanakan telaah diperoleh masukan data sebanyak-banyaknya agar diperoleh analisis yang lebih baik.

Untuk itu dalam percobaan ini dilandaskan pada literatur di atas, yang telah merumuskan taksiran terjadinya aspal optimum sementara, yang didasarkan pada analisis dan rumus berikut ini:

$$b' = b - \Delta b \text{ (dalam \% berat total campuran).....( 5-1 )}$$

dengan :

- $b'$  = kadar aspal efektif
- $b$  = total kadar aspal campuran
- $\Delta b$  = kehilangan aspal akibat absorpsi ke dalam agregat

Secara pokok aspal campuran panas untuk HRS kelas B untuk jalan dengan lalu lintas tinggi diberikan  $b'$  minimum sebesar 6,3 % dengan pengerjaan secara panas.

Di Indonesia nilai absorpsi aspal dari agregat gabungan dalam campuran panas umumnya 1,2 % berat total campuran. Oleh karena itu nilai  $b'$  yang ditentukan setara dengan total kadar aspal berturut-turut 6,7 % , 7,5 % dan 8 % untuk jenis campuran HRS kelas B.

Dengan mengacu ketentuan di atas maka dalam penelitian ini digunakan variasi kadar aspal 6,3 % , 6,7 % , 7,1 % , 7,5 % dan 8,0 %.

### 5.2.3. Kadar Serat Ijuk Dalam Campuran

Dalam penelitian ini digunakan variasi serat ijuk 0 % (HRS normal), 0,5 % , 1,0 % , 1,5 % , 2,0 % hal ini dikarenakan bahan pengisi ( *Filler* ) saja hanya diperbolehkan berkisar 2 % hingga 4 % , maka dengan menggunakan kondisi maksimal 2 % kadar serat ijuk masih dimungkinkan adanya penambahan bahan pengisi yang memenuhi ketentuan di atas. Perlu ditekankan di sini persen yang digunakan adalah perbandingan bahan/agregat terhadap berat total campuran yang bernilai 1200 gram.

Dan dalam hal ini serat ijuk diasumsikan sebagai agregat, namun perhitungan penambahannya terlepas dari spesifikasi gradasi agregat yang sebenarnya.

Jadi perlu diterangkan dalam hal ini, yang terjadi dalam keseluruhan campuran adalah :

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Kadar aspal} & = & M \% * 1200 \\
 \text{Kadar serat ijuk} & = & N \% * 1200 \\
 \text{Kadar agregat} & = & (100 - (M+N)) \% * 1200 \\
 & & \hline
 \text{Berat total} & = & 1200 \text{ gram}
 \end{array}$$

## 5.3. Tahap pelaksanaan pengujian sampel

### 5.3.1. Peralatan yang dipergunakan

Penelitian ini akan dilakukan di Laboratorium Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Adapun peralatan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. Alat Tekan Marshall yang terdiri atas :
  - a. kepala penekan yang berbentuk setengah silinder
  - b. cincin penguji yang berkapasitas 2500 kg yang dilengkapi arloji tekan dengan ketelitian 0,0025 cm.
  - c. arloji penunjuk kelelahan.
2. Logam pencetak benda uji berbentuk silinder berdiameter 10 cm, tinggi 7,5 cm, lengkap dengan plat alas dan leher sambung.
3. *Ejector*, untuk melepaskan benda uji dari cetakan.
4. *Oven*, untuk memanaskan logam pencetak pada temperatur yang konstan.
5. Penumbuk manual berbentuk silinder, berat 4,536 kg ( 10 lb ) dengan tinggi jatuhan 45,7 cm.
6. Bak perendam ( *Water Bath* ), dilengkapi pengatur suhu.
7. Perlengkapan-perlengkapan lain, seperti :
  - a. panci untuk memanaskan bahan-bahan campuran
  - b. kompor untuk memanaskan bahan-bahan campuran
  - c. termometer, kapasitas 420°C
  - d. sendok pengaduk
  - e. pisau
  - f. spatula
  - g. timbangan ketelitian 0,1 gr
  - h. sarung tangan asbes dan sarung tangan karet
  - i. saringan

### 5.3.2. Persiapan benda uji

Persiapan benda uji dilakukan seperti berikut ini.

1. Agregat dikeringkan sampai diperoleh keadaan berat agregat tetap bila ditimbang.
2. Agregat dipisah-pisahkan ke dalam fraksi-fraksi yang dikehendaki dengan cara penyaringan.
3. Kemudian dilakukan penimbangan untuk penambahan agregat sesuai gradasinya pada pembuatan campuran. Demikian pula dengan serat ijuknya.
4. Pencampuran dilakukan langkah-langkah berikut di bawah ini.
  - a. Untuk setiap benda uji diperlukan campuran yang terdiri dari aspal, agregat dan serat ijuk seberat berkisar 1200 gram.
  - b. Panci pencampur dipanaskan beserta agregat sampai suhu  $178^{\circ}\text{C}$ .
  - c. *Asphalt cement* 60-70 dipanaskan sampai mencapai kekentalan yang diperlukan, ini biasanya tidak diperbolehkan bila melampaui suhu  $160^{\circ}\text{C}$ . Dalam penelitian ini diambil nilai suhu  $150^{\circ}\text{C}$ .
  - d. Pada suhu  $178^{\circ}\text{C}$  pada saat pemanasan agregat serat ijuk dimasukkan ke dalamnya sesuai dengan variasi prosen beratnya. Untuk campuran yang tidak memakai serat ijuk, aspal yang sudah panas dan mencapai tingkat kekentalan yang diperlukan langsung dimasukkan ke dalam agregat yang telah dipanaskan sampai suhu  $178^{\circ}\text{C}$ .

- e. Dilakukan pengadukan cepat dan merata sampai agregat dan serat ijuk terselimuti aspal dengan merata.
  - f. Dilakukan perlakuan yang sama pada sampel-sampel selanjutnya.
5. Kemudian dilakukan proses pemadatan campuran dengan langkah-langkah sebagai berikut ini.
- a. Perlengkapan logam pencetak berupa cetakan, leher cetakan, alas cetakan dipanaskan pada suhu kisaran  $93,3^{\circ}\text{C}$ - $148,9^{\circ}\text{C}$  di oven. Alat tumbuk dan rangka cetak dibersihkan dengan seksama .
  - b. Cetakan diletakkan di atas landasan pematat dan ditahan dengan alas cetakan pada bagian bawah.
  - c. Selembar kertas penghisap yang telah dipotong diletakkan sesuai ukuran cetakan ke dalam dasar cetakan.
  - d. Seluruh campuran dimasukkan ke dalam cetakan pada suhu  $140^{\circ}\text{C}$  dan tusuk-tusuk campuran dengan keras menggunakan spatula yang dipanaskan sebanyak 15 kali keliling pinggir cetakan dan 10 kali di bagian tengahnya.
  - e. Pemadatan dilakukan dengan alat penumbuk sebanyak 75 kali dengan tinggi jatuh 45,7 cm dan palu pemadatan diupayakan selalu tegak lurus bidang cetak selama pemadatan dilakukan.
6. Pelat alas dan leher sambung kemudian dilepas dari cetakan benda uji, dan cetakan yang berisi benda

uji dibalik dan pelat alas berikut leher sambung dipasang kembali pada cetakan yang dibalik tadi.

7. Pada permukaan benda uji yang dibalik ini kemudian ditumbuk dengan jumlah yang sama.
8. Sesudah pemadatan, cetakan dan leher cetakan dilepas, kemudian kertas penghisap yang ada pada kedua sisi cetakan dilepas serta benda uji dan cetakan didinginkan dengan kipas angin.
9. Selanjutnya benda uji dikeluarkan dengan *ejector*, lalu diberikan tanda pengenal sampel.

### 5.3.3. Persiapan pengujian

Persiapan pengujian meliputi langkah-langkah di bawah berikut ini.

1. Benda uji dibersihkan dari kotoran-kotoran yang menempel, lalu tebal benda uji diukur tiga kali untuk diambil nilai reratanya.
2. Benda uji ditimbang secara kering (langsung setelah diukur tebalnya).
3. Selanjutnya benda uji direndam di dalam air agar pori-pori yang ada dalam sampel terisi air, selama  $\pm 24$  jam pada suhu ruangan.
4. Benda uji ditimbang secara basah (di dalam air) untuk memperoleh volume sampel.
5. Selanjutnya benda uji ditimbang dalam keadaan kering permukaan jenuh.

#### 5.3.4. Pengujian

Langkah-langkah pengujian dilakukan sebagai berikut di bawah ini.

1. Setelah sampel melewati langkah persiapan, selanjutnya benda uji direndam dalam bak perendam (*water bath*) selama 30 menit dengan suhu yang tetap yaitu 60°C.
2. Sampel kemudian dikeluarkan dari bak perendam dan diletakkan pada segmen bawah penekan yang sebelumnya telah diolesi gliserin.
3. Segmen atas penekan dipasangkan juga setelah diolesi gliserin, kemudian letakkan seluruh segmen tersebut diletakkan pada alat penguji Marshall.
4. Selanjutnya arloji pengukur *flow* diletakkan pada tempatnya, di atas salah satu batang penuntunnya, dan kedudukan jarum penunjuk stabilitas serta arloji pengukur *flow* dinolkan.
5. Sebelum pembebanan diberikan, kepala penekan beserta benda ujinya dinaikkan hingga menyentuh alas dial penguji stabilitas.
6. Benda uji selanjutnya diberikan pembebanan dengan kecepatan 50 mm per menit sampai runtuh, atau pembebanannya mulai menurun seperti yang ditunjukkan dengan dial arloji stabilitas.
7. Nilai dial arloji stabilitas dan *flow* dicatat pada saat nilai stabilitasnya maksimum.
8. Perlakuan tersebut diulang pada sampel berikutnya.

#### 5.4. Anggapan dasar

Penelitian ini untuk mengkaji pengaruh penggunaan serat ijuk dengan kadar serat ijuk tertentu yang divariasikan dengan kadar aspal terhadap perilaku *Hot Rolled Sheet*. Yang dimaksud dengan perilaku *Hot Rolled Sheet* adalah pengaruh variasi kadar serat ijuk pada variasi kadar aspal terhadap nilai-nilai kepadatan (*density*), VFWA, VITM, stabilitas, *flow* dan *Quotient Marshall*.

Dalam pelaksanaan penelitian ini dianggap bahwa peralatan yang digunakan selama berlangsungnya penelitian ini dalam keadaan standar. Selain itu variasi di dalam pengerjaan pembuatan benda uji dianggap relatif kecil atau dapat diabaikan. Sedangkan bahan-bahan untuk penelitian seperti agregat, aspal dan serat ijuk dalam keadaan sama, ini dapat diartikan bahwa kualitas bahan dianggap sama seperti pada hasil pengujian bahan.

#### 5.5. Cara analisis

Dari hasil penelititan yang dilakukan di laboratorium, diperoleh data seperti berikut ini.

1. Berat benda uji sebelum direndam air (gram)
2. Berat benda uji di dalam air (gram)
3. Berat benda uji kering permukaan/SSD (gram)
4. Tebal benda uji (cm)
5. Pembacaan arloji stabilitas (kg)
6. Pembacaan arloji *flow* (mm)

Dari data-data di atas dapat dihitung harga-harga



stabilitas, *flow*, VFWA, VITM dan *quotient marshall*. Adapun cara perhitungannya adalah sebagai berikut :

### 5.5.1. Berat jenis maksimum teoritis

Digunakan rumus :

$$h = \frac{100}{\frac{\% \text{ agr.mod.}}{\text{BJ agr.mod.}} + \frac{\% \text{ aspal}}{\text{BJ aspal}}} \dots\dots\dots( 5-2 )$$

dengan :

Berat jenis agregat merupakan gabungan antara berat jenis agregat kasar dan berat jenis agregat halus yang dicari dengan rumus :

$$\text{Bj agr.mod.} = \frac{( X*CA ) + ( Y*FA ) + ( Z*SI )}{100} \dots\dots\dots( 5-3 )$$

dengan :

X = % agregat kasar ; CA = BJ agregat kasar  
 Y = % agregat halus ; FA = BJ agregat halus  
 Z = % serat ijuk ; SI = BJ serat ijuk

### 5.5.2. Nilai VFWA (*Void filled with asphalt*)

VFWA didapatkan dengan terlebih dahulu menghitung nilai-nilai dari :

a. Prosentase \*aspal yang terlebih dahulu dengan rumus :

$$b = \frac{a}{100 + a} * 100 \% \dots\dots\dots( 5-4 )$$

dengan :

a = prosen aspal terhadap batuan  
 b = prosen aspal terhadap campuran

b. Isi benda uji dengan rumus :

$$f = d - e \dots \dots \dots ( 5-5 )$$

dengan :

d = berat dalam keadaan jenuh (gram)

e = berat dalam air (gram)

f = volume/isi (cc)

c. Berat volume benda uji dengan rumus :

$$g = \frac{c}{f} \dots \dots \dots ( 5-6 )$$

dengan :

c = berat benda uji (gram) sebelum direndam

f = volume (cc)

g = berat volume benda uji

d. Prosen rongga terhadap agregat dengan rumus :

$$l = 100 - j \dots \dots \dots ( 5-7 )$$

dengan :

$$j = \frac{( 100 - b ) * g}{BJ \text{ agr. mod.}} \dots \dots \dots ( 5-8 )$$

Dari data di atas maka dapat dihitung nilai VFWA sebagai berikut :

$$VFWA = 100 * \frac{i}{l} \dots \dots \dots ( 5-9 )$$

dengan :

$$i = \frac{b * g}{BJ \text{ aspal}} \dots \dots \dots ( 5-10 )$$

l = prosentase rongga terhadap agregat

### 5.5.3. Nilai VITM (*Void in the mix*)

Nilai VITM dapat dihitung dengan rumus berikut ini :

$$VITM = 100 - ( 100 * ( g/h ) ) \dots \dots \dots ( 5-11 )$$

dengan :

g = berat volume benda uji

h = berat jenis maksimum teoritis

#### 5.5.4. Nilai stabilitas

Nilai stabilitas diperoleh dari hasil pembacaan arloji stabilitas alat tekan Marshall. Nilai ini masih harus dikoreksi dengan kalibrasi alat dan angka koreksi ketebalan benda uji.

$$P = Q * O \dots \dots \dots ( 5-12 )$$

dengan :

Q = koreksi tinggi/tebal sampel benda uji

O = Stabilitas terkoreksi kalibrasi alat

P = Stabilitas sebenarnya yang terjadi

#### 5.5.5. Nilai *flow*

Nilai *flow* didapat dari pembacaan dial arloji *flow* (*flowmetre*) dimana satuannya haruslah dikonversikan terlebih dari inch ke 0,01 mm .

#### 5.5.6. Nilai *quotient marshall*

Nilai ini diperoleh dengan jalan membagi nilai stabilitas dengan *flow*.

### 5.6. Ilustrasi Penelitian

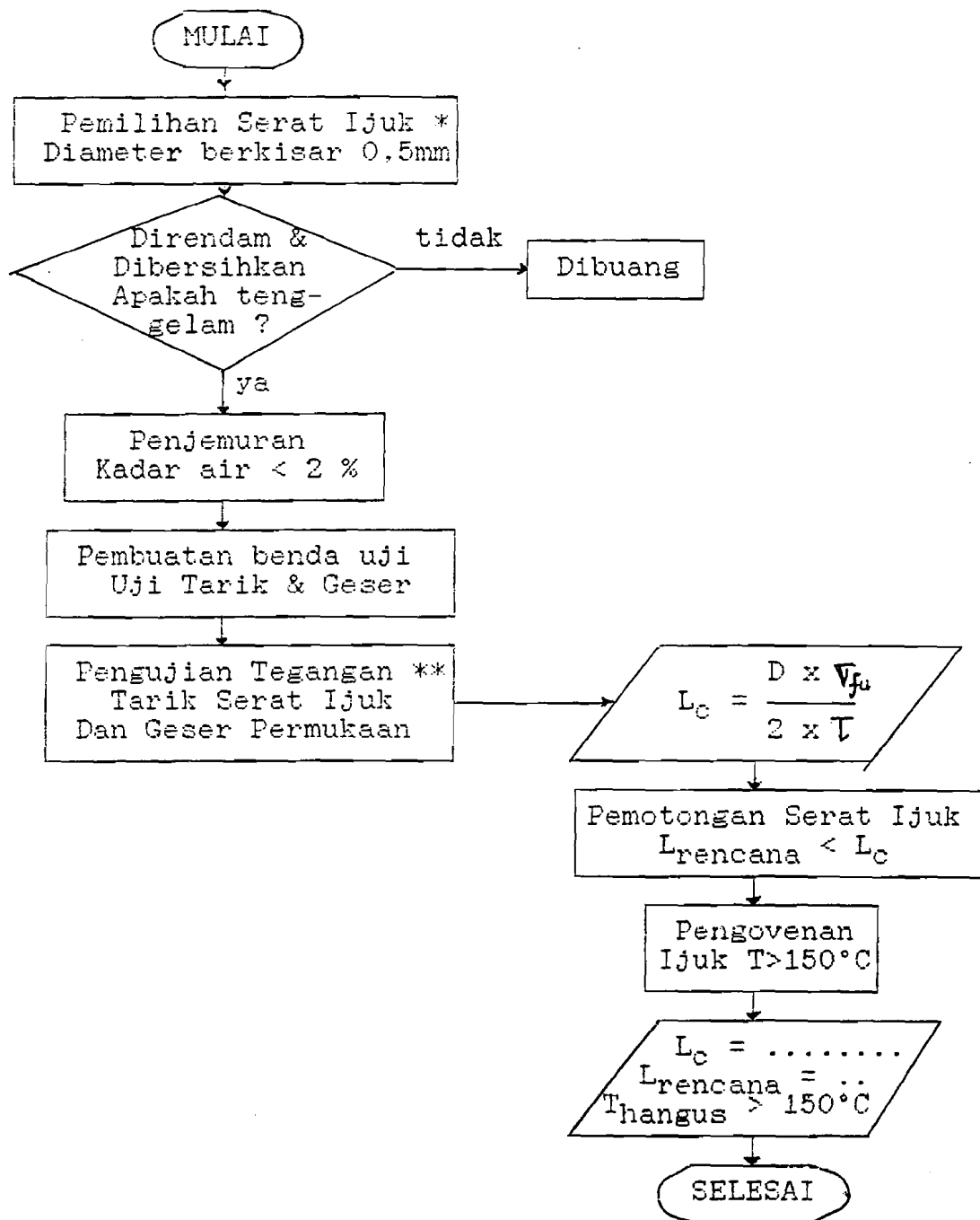
Ini dimaksudkan untuk memberikan gambaran mengenai jumlah dan alur logika serta alur kerja penelitian ini.

#### RENCANA BENDA UJI

Tabel 5.2. Matrik dan penandaan briket sampel yang dibuat

Matriks Penelitian Pengaruh Serat Ijuk Pada Campuran Aspal Beton			Kadar Aspal ( dalam % )				
			6,3	6,7	7,1	7,5	8,0
		kode	A	B	C	D	E
Kadar Serat Ijuk ( dalam % )	0,0	1	A1	B1	C1	D1	E1
	0,5	2	A2	B2	C2	D2	E2
	1,0	3	A3	B3	C3	D3	E3
	1,5	4	A4	B4	C4	D4	E4
	2,0	5	A5	B5	C5	D5	E5

Dalam penelitian ini digunakan dua buah sampel jadi total sampel yang ada adalah  $2 \times 25 = 50$  sampel. Dengan catatan apabila terjadi kegagalan uji maka segera disiapkan "sampel cadangan" lainnya.

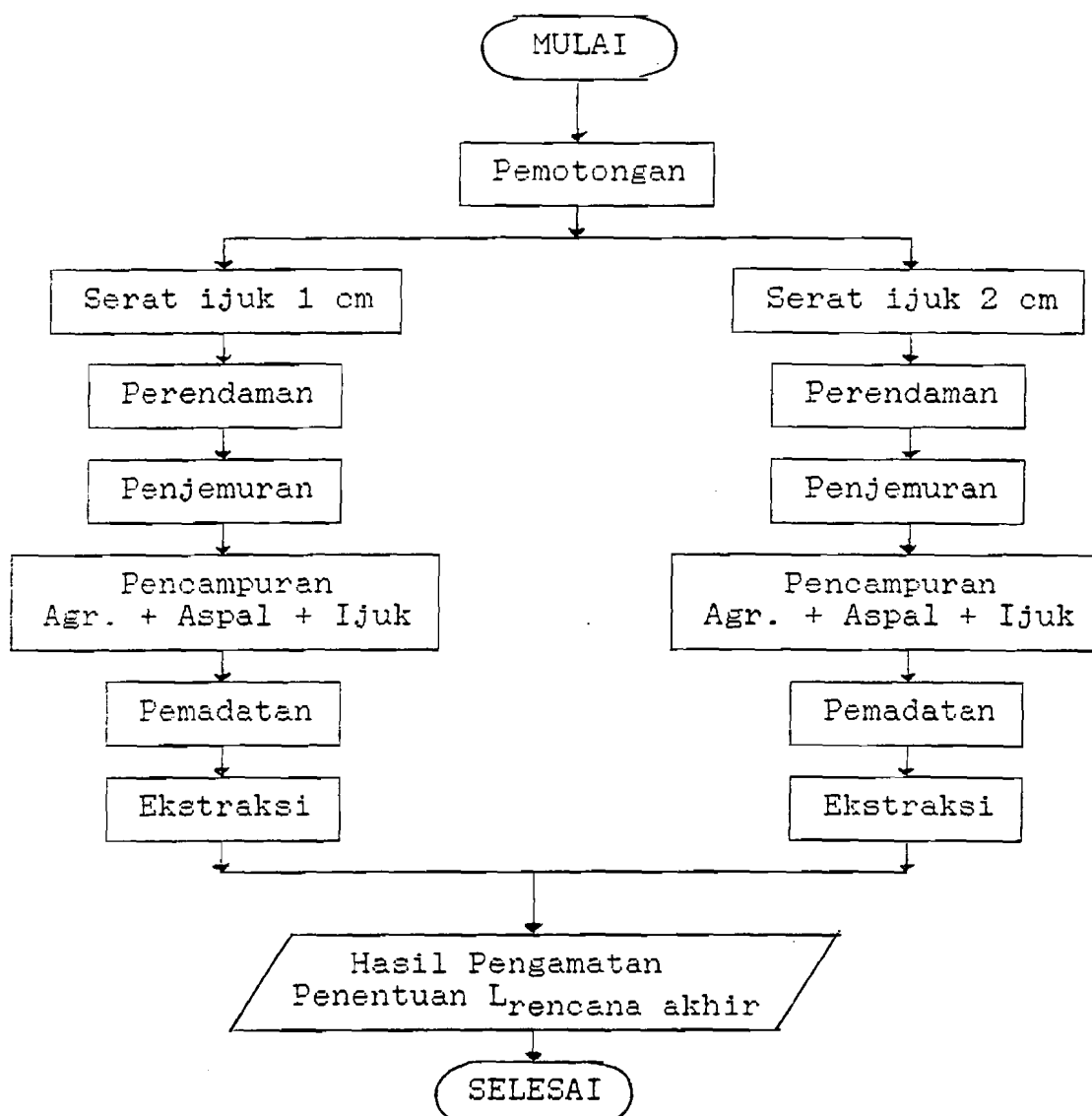


Gambar 5.2. Bagan alir penelitian terhadap serat ijuk

Keterangan :

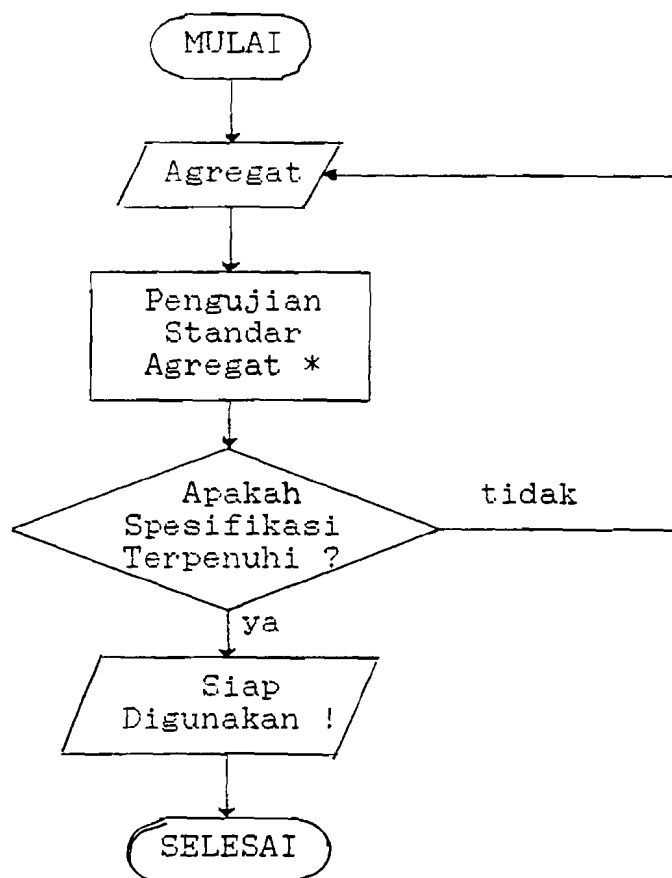
\* Pemilihan serat ijuk menggunakan saringan No. 30 & saringan No. 50.

\*\* Lihat Gambar benda uji pada lampiran nomor 1 .



Gambar 5.3. Bagan alir penelitian terhadap perilaku serat ijuk pada proses pembuatan briket sampel awal dan ekstraksi.

- Keterangan :
1. Hal di atas digunakan untuk mengetahui sifat serat ijuk pada waktu pembuatan briket sampel awal.
  2. Hasil dapat dilihat pada bagian lampiran bernomor 3 .



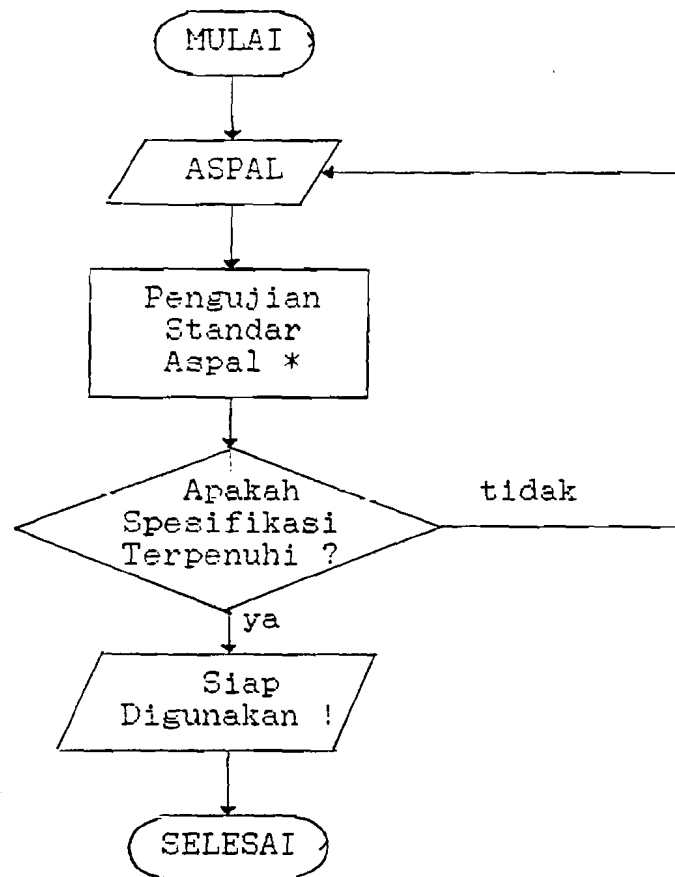
Gambar 5.4. Bagan alir pengujian agregat

Keterangan :

\* Pengujian standar terhadap agregat berupa :

1. Pemeriksaan keausan agregat
2. Pemeriksaan berat jenis ( *Specific Gravity* )
3. Pemeriksaan agregat terhadap air
4. Pemeriksaan kelekatan agregat terhadap aspal
5. Pemeriksaan *Sand Equivalent Test*

Untuk hasil pengujian dapat dilihat pada lampiran nomor 6 hingga lampiran nomor 9.



Gambar 5.5. Bagan alir pengujian aspal

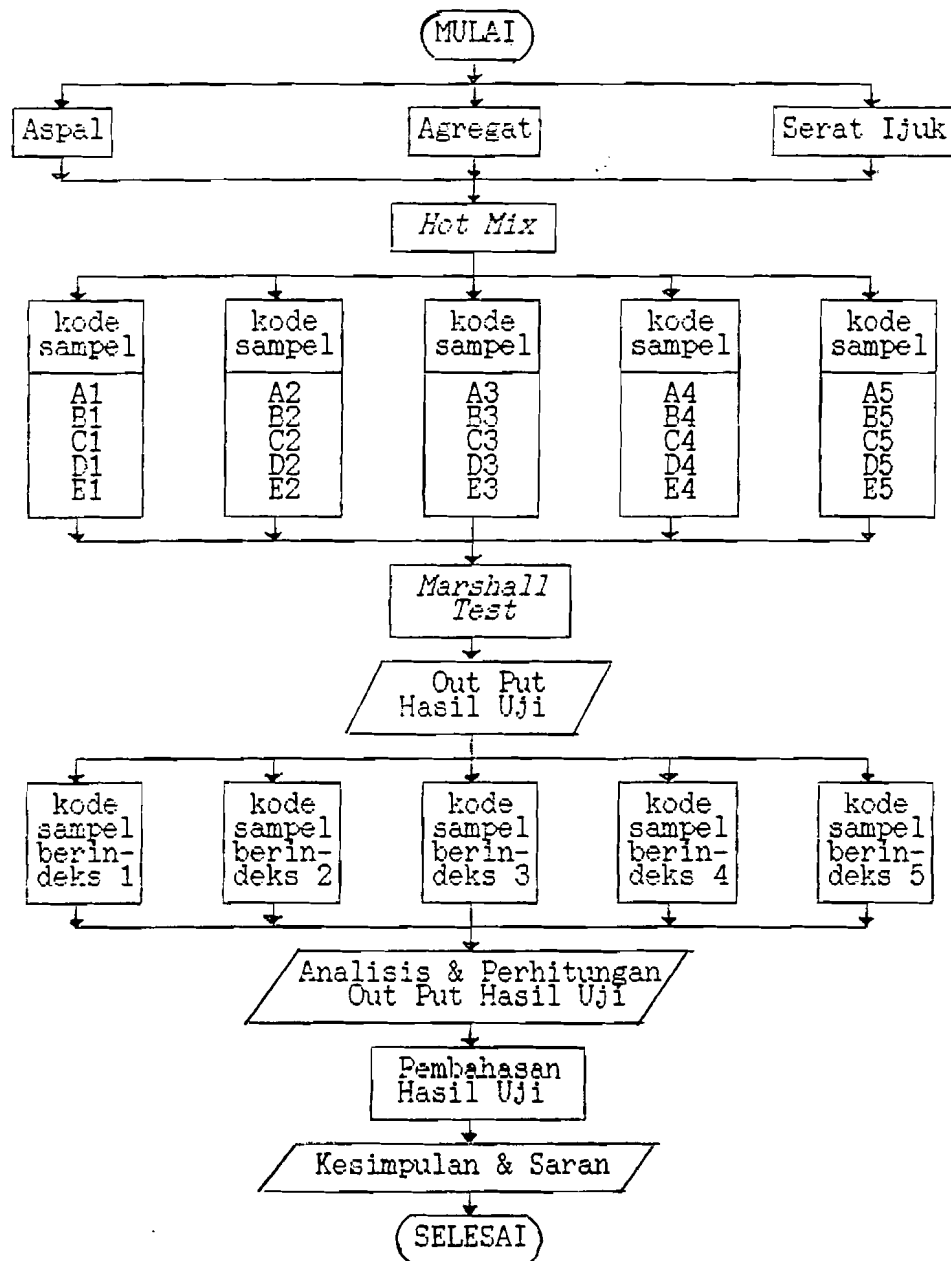
Keterangan :

\* Pengujian standar terhadap aspal berupa :

1. Pemeriksaan penetrasi aspal
2. Pemeriksaan titik lembek
3. Pemeriksaan titik nyala
4. Pemeriksaan berat jenis aspal
5. Pemeriksaan kelarutan aspal dalam  $CCl_4$

Untuk hasil pengujian dapat dilihat pada lampiran nomor 10 hingga lampiran nomor 13.





Gambar 5.6. Bagan alir penelitian terhadap campuran beton aspal

Keterangan : Hasil pengujian Marshall dapat dilihat pada lampiran bernomor 14 hingga lampiran bernomor 18.

### 5.7. Permasalahan yang dihadapi

Pada penelitian di laboratorium ini, banyak terjadi kesulitan-kesulitan yang menghambat jalannya penelitian. Kesulitan-kesulitan tersebut terutama disebabkan oleh keterbatasan alat yang dimiliki Laboratorium Bahan dan Laboratorium Jalan yang ada dalam lingkungan FTSP Universitas Islam Indonesia.

Seperti tidak adanya alat uji tegangan bahan serat sehingga dibuatkan alat tambahan agar serat dapat ditarik oleh Shimadzu UMH-30, itupun dinyatakan gagal. Selanjutnya pengujian dilakukan dengan cara manual. Kedua hal tersebut dapat dilihat pada bagian lampiran bernomor 4.

Permasalahan lain adalah timbangan yang ada di laboratorium kebanyakan sudah tidak menunjukkan presisi yang baik, sehingga untuk memperoleh hasil total hitungan yang tepat tidaklah memungkinkan, kecuali dengan mengadakan pengecekan secara berkala.

Alat pemadatan yang digunakan masih bersifat manual sehingga sulit untuk mendapatkan permukaan sampel yang benar-benar rata.

Satu masalah yang dapat mengganggu adalah laboratorium tidak memiliki mesin diesel pembangkit listrik sendiri sehingga apabila terjadi pemadaman arus listrik maka akan berakibat fatal terhadap percobaan yang sedang berlangsung.

## BAB VI

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 6.1. Hasil penelitian

Dari serangkaian pengujian bahan termasuk di dalamnya serat ijuk dan campuran beton aspal HRS B maka diperoleh beberapa masukan data seperti yang akan disajikan pada beberapa tabel di bawah ini.

##### 6.1.1. Hasil pengujian bahan

Pada dasarnya secara keseluruhan bahan memenuhi persyaratan spesifikasi dan persyaratan pendekatan pembuatan campuran untuk serat ijuk. Untuk serat ijuk dalam hal ini terjadi penyesuaian panjang serat pada bagian pencampuran ini mengingat beberapa hasil uji coba.

##### 1. Hasil pengujian serat ijuk

Perlu ditekankan pengujian serat ijuk di sini adalah dalam upaya pendekatan untuk pembuatan campuran beton aspal nantinya. Diameter ijuk yang digunakan, diperkirakan 0,5 mm berdasarkan pengamatan visual dibantu dengan mistar ataupun dengan penyaringan vertikal untuk serat yang telah dipotong-potong dengan menggunakan saringan bernomor 30 dan 50. Adapun hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 6.1 di halaman berikutnya.

Tabel 6.1. Hasil pengujian serat ijuk

Pengujian	Hasil	Keterangan
1. Pengujian Tarik	51,996kg	pengujian 1&2 untuk mengetahui panjang kritis serat
2. Pengujian geser permukaan	7,884kg	
3. Kandungan air serat ijuk	8,10 %	Kandungan air < 2 %, dilakukan dengan penjemuran
4. BJ serat ijuk	1,0864	dalam gram/cc
5. Ketahanan thd panas > 150°C		Pemanasan dilakukan selama 4 jam
a. panjang 1 cm	Baik	bentuk tetap
b. panjang 2 cm	Baik	terjadi pelengkungan serat
6. Pendekatan pada pembuatan sampel dan ekstraksi		
6.1. Pencampuran pada suhu > 200 °C		
a. panjang 1 cm	Baik	
b. panjang 2 cm	Tak Baik	terjadi "Balling Effect"
6.2. Pematatan		
a. panjang 1 cm	Baik	sedikit penggelembungan campuran beton aspal
b. panjang 2 cm	Tak Baik	penggelembungan campuran beton aspal yang nyata
6.3. Ekstraksi		
a. panjang 1 cm	Baik	dapat dipisahkan & tak rusak
b. panjang 2 cm	Tak Baik	deformasi berupa serat patah akibat pematatan & ekstraksi

## 2. Hasil pengujian agregat

Hasil pemeriksaan agregat yang digunakan pada campuran HRS B. dengan bahan tambah serat ijuk, harus memenuhi syarat yang telah ditetapkan.

Tabel 6.2. Persyaratan dan Hasil Pemeriksaan Agregat

Pemeriksaan	Syarat *)	Hasil
1. Keausan dengan mesin Los Angeles pada 500 putaran	maks 40 %	34,06 %
2. Kelekatan terhadap aspal	> 95 %	97 %
3. Penyerapan agregat terhadap air	maks 3 %	2.041 %
4. Nilai Sand Equivalent	min. 50 %	76,5 %

Sumber : \*). Syarat : Laston no.13/PT/B/1983

Tabel 6.3. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat

No.	Berat Jenis dalam satuan gr/cc	Agregat	
		Halus	Kasar
1.	Berat Jenis ( <i>Bulk</i> )	2,695	2,595
2.	Berat Jenis SSD	2,711	2,648
3.	Berat Jenis Semu	2,739	2,7402

### 3. Hasil pengujian aspal

Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal jenis AC 60-70 yang berasal dari PT. PERWITA KARYA, Yogyakarta .

Tabel 6.4. Persyaratan dan Hasil Pemeriksaan Aspal

No.	Jenis Pemeriksaan	Syarat *)		Hasil	Satuan
		Min.	Maks.		
1.	Penetrasi ( 25°C, 5 detik )	60	79	63,3	0,1 mm
2.	Titik Lembek	48	58	53,5	°C
3.	Titik Nyala	200	-	340	°C
4.	Kelarutan	99	-	99	%
5.	Daktilitas	100	-	> 120	cm
6.	Berat Jenis	1,0	-	1,038	gr/cc

Sumber : \*). Syarat : DPU, Dirjen Bina Marga, Lataston , 12/PT/B/1983.

### 6.1.2. Hasil pengujian campuran beton aspal

Dari hasil penelitian yang dilakukan di laboratorium, diperoleh nilai-nilai VITM (*Void in the mix*) atau prosen rongga dalam campuran, VFWA (*Void filled with asphalt*), stabilitas, *flow*, *Quotient Marshall* dan kepadatan (*Density*). Untuk lebih jelasnya lihat Tabel 6.5.

Contoh hitungan hanya disajikan untuk kadar serat

ijuk 0,5 % dan kadar aspal 6,3 % seperti di bawah ini :

- |  |               |
|--|---------------|
| 1. Berat jenis aspal                   | = 1,038 gr/cc |
| 2. Berat jenis agregat halus           | = 2,695 gr/cc |
| 3. Berat jenis agregat kasar           | = 2,595 gr/cc |
| 4. Berat jenis serat ijuk              | = 1,0864gr/cc |
| 3. Prosen aspal terhadap batuan + ijuk | = 6,724 %     |

Yang diperoleh dari :

$$\text{Prosen aspal terhadap batuan + ijuk} = \frac{6,3}{100 - 6,3} * 100 \%$$

- |                                       |                |
|---------------------------------------|----------------|
| 4. Prosen aspal terhadap campuran (b) | = 6,3 %        |
| 5. Berat sebelum direndam (c)         | = 1196 gr      |
| 6. Berat permukaan jenuh /SSD (d)     | = 1202 gr      |
| 7. Berat dalam air (e)                | = 691 gr       |
| 8. Volume atau isi (f) = d - e        | = 511 gr       |
| 9. Berat volume sampel (g) = (c/f)    | = 2,3405 gr/cc |
| 10. Berat jenis maksimum teoritis (h) | = 2,407        |

Yang diperoleh dari :

$$\text{Berat jenis maksimum teoritis} = \frac{100}{\left( \frac{\% \text{ Agr. Mod.}}{\text{BJ Agr. Mod.}} + \frac{\% \text{ Asp.}}{\text{Bj asp.}} \right)}$$

$$\text{BJ Agr. Mod.} = \frac{\% \text{CA} * \text{BJ CA} + \% \text{FA} * \text{BJ FA} + \% \text{ijuk} * \text{BJ ijuk}}{100}$$

$$11. (i) = \frac{b * g}{\text{BJ Aspal}} = 14,2054 \%$$

$$12. (j) = \frac{(100 - b) * g}{\text{BJ Agr. Mod.}} = 83,0183 \%$$

$$13. \text{Jumlah kandungan rongga (k)} = (100 - i - j) = 2,7763 \%$$

$$14. \text{Rongga terhadap agregat (l)} = (100-j) = 16,982 \%$$

$$15. \text{Rongga terisi aspal (m)} = \left( 100 \times \frac{i}{1} \right) = 83,651 \%$$

$$16. \text{Prosen rongga terhadap campuran (n)} = 2,776 \%$$

Yang diperoleh dari :

$$\text{Prosen rongga terhadap campuran} = 100 - \left( 100 \times \frac{g}{h} \right)$$

$$17. \text{Pembacaan arloji stabilitas (o)} = 1126$$

$$18. (p) = o * \text{kalibrasi proving ring} = 3972$$

$$19. \text{Stabilitas (q)} = p * \text{koreksi tebal sampel} = 3789,288 \text{ kg}$$

$$20. \text{Flow / kelelehan (r)} = 2,286 \text{ mm}$$

$$21. \text{Quoetient Marshall (QM)} = q/r = 1657,61 \text{ kg/mm}$$

Untuk selanjutnya, seluruh data nilai Uji Marshall pada Tabel 6.5 merupakan hasil rerata dari dua briket sejenis yang dibuat (lihat lampiran no.14 hingga 18).

Tabel 6.5. Data hasil Uji Marshall campuran HRS B dengan variasi kadar serat ijuk.

Ijuk (%)	Aspal (%)	density (gr/cc)	VITM (%)	VFWA (%)	flow (mm)	Stabilitas (kg)	QM (kg/mm)
0	6,3	2,303	4,576	75,341	3,937	938,474	238,242
0,5	6,3	2,329	3,249	81,364	2,413	3829,356	1590,501
1,0	6,3	2,318	3,429	80,521	2,921	3638,309	1256,081
1,5	6,3	2,285	4,565	75,238	2,921	2916,143	998,857
2,0	6,3	2,307	3,378	80,567	4,572	2380,879	519,203
0	6,7	2,299	4,238	77,783	4,064	1033,676	254,349
0,5	6,7	2,326	2,814	84,278	3,429	3065,743	893,397
1,0	6,7	2,311	3,217	82,393	3,175	3055,319	974,090
1,5	6,7	2,283	4,118	78,165	3,218	2821,209	875,437
2,0	6,7	2,296	3,318	81,706	4,826	2646,918	548,061
0	7,1	2,287	4,166	78,973	4,191	1098,440	262,467
0,5	7,1	2,319	2,599	85,943	4,318	2931,167	678,825
1,0	7,1	2,303	3,000	84,073	3,429	2890,395	846,496
1,5	7,1	2,277	3,832	80,258	3,556	2494,773	701,567
2,0	7,1	2,285	3,228	82,884	4,699	2601,373	554,659

Lanjutan Tabel 6.5. Data hasil Uji Marshall campuran HRS B dengan variasi kadar serat ijuk.

Ijuk (%)	Aspal (%)	density (gr/cc)	VITM (%)	VFWA (%)	flow (mm)	Stabilitas (kg)	QM (kg/mm)
0	7,5	2,281	3,899	80,872	4,318	1308,234	301,856
0,5	7,5	2,310	2,423	87,327	3,683	2105,052	571,354
1,0	7,5	2,296	2,734	85,935	3,556	2270,262	844,173
1,5	7,5	2,271	3,567	82,141	3,810	2478,001	650,394
2,0	7,5	2,276	3,097	84,156	4,699	2396,527	524,258
0	8,0	2,273	3,552	83,146	4,445	1137,585	255,281
0,5	8,0	2,299	2,221	88,859	3,302	1707,574	515,001
1,0	8,0	2,289	2,370	88,192	3,810	1856,386	492,356
1,5	8,0	2,265	3,147	84,730	4,191	2419,531	576,507
2,0	8,0	2,264	2,932	85,617	4,445	2193,283	493,499

## 6.2. Pembahasan

### 6.2.1. Pembahasan mengenai bahan

Secara keseluruhan bahan memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan. Pada bagian ini hanya dibahas mengenai serat ijuk yang pada dasarnya merupakan bahan tambah yang berfungsi sebagai agen modifikasi campuran beton aspal.

Mula-mula prinsip yang sangat ditekankan di sini adalah apakah serat ijuk dapat dipertahankan sifat-sifatnya pada pembuatan campuran, selanjutnya adalah seberapa jauh kekuatan serat ijuk dapat disumbangkan untuk kekuatan campuran beton aspal tanpa merusak bahan dari serat itu sendiri.

Untuk mencari besaran panjang kritis digunakan rumus-rumus 6.1 hingga 6.3 berikut ini :

$$\sigma_{fu} = \frac{Pt}{n * 0,25\pi * D^2} \dots\dots\dots(\text{pers. 6.1})$$



$$= \frac{51,996}{36 * 0,25\pi * 0,05^2} = 735,593 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau = \frac{Pg}{n * \pi * D} \dots \dots \dots (\text{pers. 6.2})$$

$$= \frac{7,884}{36 * \pi * 0,05} = 1,394 \text{ kg/cm}^2$$

$$L_c = \frac{2 * \sigma_{fu} * A}{P * \tau} \dots \dots \dots (\text{pers. 6.3})$$

$$= \frac{2 * 735,593 * 0,25\pi * 0,05^2}{\pi * 0,05 * 1,394} = 13,192 \text{ cm}$$

dengan :

- $\sigma_{fu}$  = tegangan tarik putus tiap serat ( $\text{kg/cm}^2$ )
- $P_t$  = beban tarik yang diberikan (kg)
- $n$  = jumlah serat yang disusun beraturan
- $D$  = diameter serat ijuk rerata dalam hal ini 0,05 cm
- $\tau$  = tegangan geser permukaan tiap serat ( $\text{kg/cm}^2$ )
- $P_g$  = beban geser permukaan yang diberikan (kg)
- $A$  = luas tampang satu serat ijuk ( $\text{cm}^2$ )
- $P$  = keliling tampang serat ijuk (cm)

Hasil di atas menunjukkan bahwa panjang kritis serat ijuk adalah 13,192 cm, ini berarti bahwa tegangan bahan dari serat ijuk baru termanfaatkan keseluruhan pada panjang 13,192 cm. Ini juga menunjukkan gaya pengangkutan/gaya geser permukaan (berupa komponen geser permukaan dan adhesi antara serat dan aspal) serat di dalam sampel aspal baru berimbang dengan gaya tarik pada panjang ini. Lebih dari panjang itu maka gaya pengangkutan akan lebih besar dari gaya tarik.

Dari percobaan ini disimpulkan diperlukan suatu serat yang memiliki tegangan geser permukaan geser yang besar hingga tegangan bahan dapat dimanfaatkan sepenuhnya pada

panjang kritis yang kecil.

Langkah selanjutnya adalah menentukan panjang rencana serat untuk pencampuran.

Walaupun panjang kritis serat ijuk adalah 13,192 cm namun apabila panjang tersebut digunakan sebagai panjang serat pada waktu pencampuran maka terjadi kesulitan dalam pencampuran.

Adapun hal yang membatasi pemilihan panjang rencana <sup>adalah</sup> *Workability*, ketahanan serat ijuk terhadap proses pembuatan sampel serta ekstraksi.

Selanjutnya dicoba panjang serat ijuk 1 cm dan 2 cm untuk diteliti lebih lanjut. Dari hasil pengujian seperti terlihat dalam Tabel 6.1 pada proses pemanasan serta pendekatan pada pembuatan sampel dan ekstraksi terdapat beberapa kekurangan yaitu gejala pelengkungan serat, *balling effect*, penggelembungan campuran beton aspal dan deformasi serat akibat pemadatan dan ekstraksi.

Mengingat hasil-hasil di atas maka disimpulkan bahwa dua panjang serat di atas masih harus diperkecil, yang pada akhirnya diambil panjang 0,75 cm.

Adapun tegangan bahan yang termanfaatkan dari satu serat ijuk dapat dicari dengan mengubah rumus panjang kritis (pers. 6.3.) menjadi persamaan 6.4 hingga tegangan bahan termanfaatkan dari satu serat ijuk untuk panjang serat 0,75 cm dapat dicari seperti berikut ini :

$$\sigma = \frac{L * \tau * (\pi D)}{2 * (0,25 \pi D^2)} \dots \dots \dots (\text{pers. 6.4.})$$

$$= \frac{0,75 * 1,394 * (\pi * 0,05)}{2 * 0,25 \pi * 0,05^2} = 41,82 \text{ kg/cm}^2$$

dengan :

- $\sigma$  = teg. bahan termfaatkan satu serat ijuk ( $\text{kg/cm}^2$ )
- $D$  = diameter serat ijuk rerata dalam hal ini 0,05 cm
- $\tau$  = teg. geser permukaan satu serat ijuk ( $\text{kg/cm}^2$ )
- $L$  = panjang rencana satu serat ijuk (cm)

Disamping itu ada sifat ijuk yang masih dirasakan perlu diperbaiki seperti kandungan air pada serat ijuk, langkah yang diambil adalah dengan jalan penjemuran serat ijuk dan juga dengan proses pencampuran serat ijuk bersama agregat dalam keadaan panas (suhu  $> 170^\circ\text{C}$ ) sebelum dicampurkan dengan aspal.

### 6.2.2. Pembahasan mengenai pengaruh serat ijuk terhadap perilaku Marshall pada campuran beton aspal.

#### 1. Pengaruh serat ijuk terhadap nilai VITM ( *Void in the mix* )

Nilai VITM menunjukkan banyaknya rongga yang ada di dalam campuran. Nilai tersebut berpengaruh terhadap kekakuan campuran, bila VITM bernilai rendah serta rapat maka nilai kekakuannya tinggi (campuran bersifat kaku).

Umumnya, pada campuran yang bersifat kaku apabila menerima beban lalu lintas berulang akan mudah mengalami retak (*Cracking*), karena campuran tersebut tidak cukup lentur untuk menahan deformasi .

Bila campuran memiliki nilai VITM yang tinggi maka campuran tersebut bersifat lebih lentur tetapi juga bersifat permeabel (mudah diresapi air) dan tidak kedap udara yang berarti mudah terjadinya proses oksidasi yang menyebabkan aspal menjadi getas (salah satu penyebab *Aging*) hingga sifat durabilitasnya berkurang.

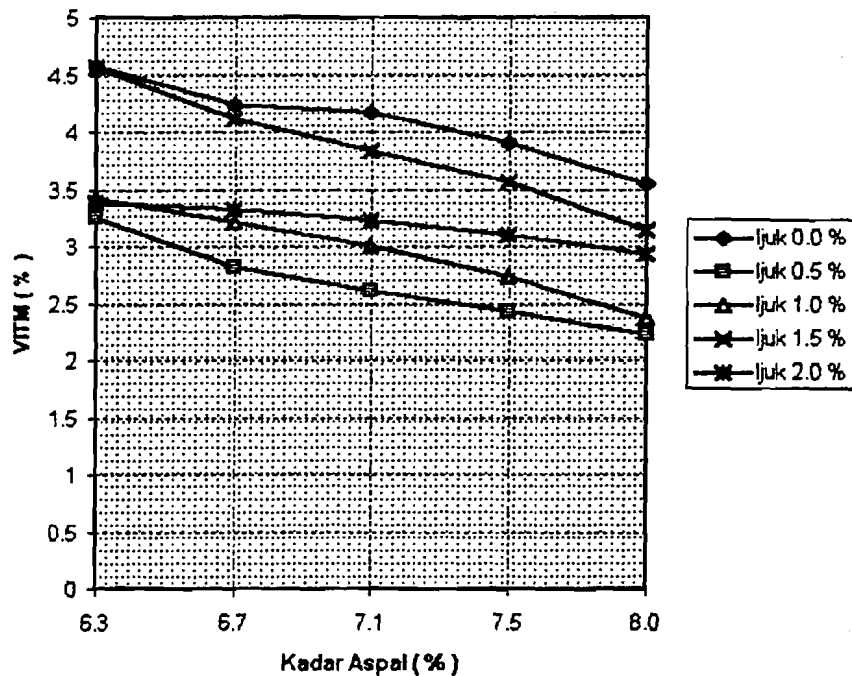
Prinsip dasar untuk menyediakan VITM pada batas tertentu dimaksudkan untuk menyediakan ruangan kosong bagi aspal bila terjadi peningkatan suhu permukaan perkerasan agar tidak terjadi *Bleeding* serta sifat kelenturan yang disumbangkan aspal tetap dapat dipertahankan dalam jangka waktu tertentu.

Adapun faktor-faktor yang berpengaruh dalam pembentukan nilai VITM adalah gradasi batuan, pemakaian kadar aspal, dan sifat pemadatan. Dan satu lagi yang mungkin adalah penambahan *Modifier agent* seperti pada penelitian ini, pada batas tertentu.

Untuk membahas lebih banyak mengenai penelitian ini, maka berikut ini disajikan Gambar 6.1 Grafik hubungan kadar serat ijuk, kadar aspal dan VITM.

Spesifikasi VITM yang diberikan CQCMU, 1988 untuk HRS B adalah 3-6 % .

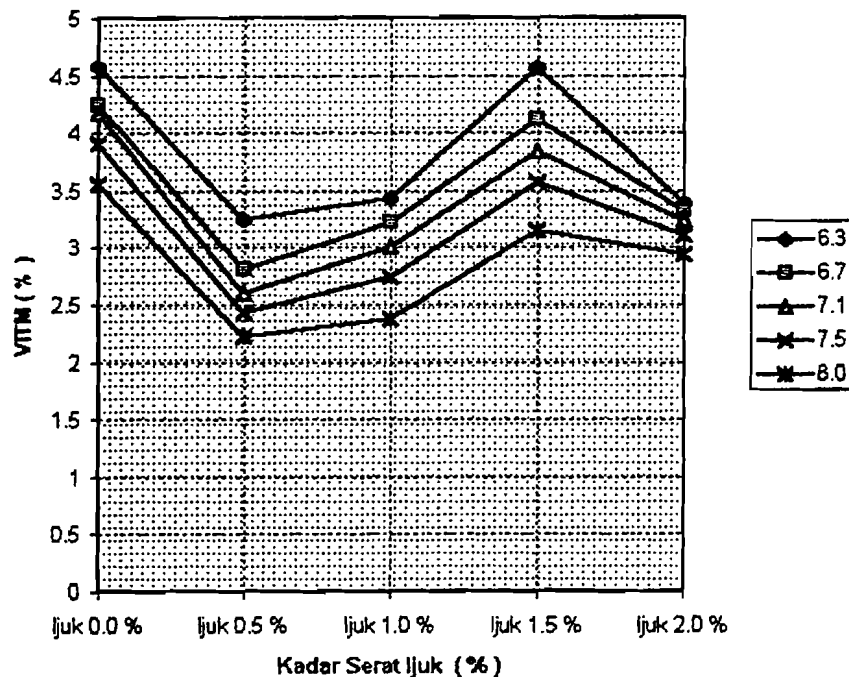
Telah diuraikan sebelumnya pemakaian kadar aspal merupakan faktor penentu dari nilai VITM, ini berarti penambahan kadar aspal akan menurunkan nilai VITM dikarenakan aspal yang berlebihan dan tidak terserap agregat akan menyelubungi agregat secara berlebihan serta mengisi rongga udara yang tersedia .



Gambar 6.1. Grafik hubungan kadar aspal dan nilai VITM terhadap variasi kadar serat ijuk.

Apabila dilihat kecenderungannya nilai VITM menurun dengan bertambahnya kadar aspal. Hal ini dikarenakan fraksi aspal di dalam campuran semakin besar sehingga banyaknya rongga dalam campuran berkurang. Kecenderungan tersebut dapat dilihat pada Gambar 6.1 dan Gambar 6.2.

Bila dikaitkan dengan nilai spesifikasi maka sebagian besar briket sampel memenuhi persyaratan. Namun pada briket berkadar serat 0,5 % variasi kadar aspal 6,7 % dengan nilai 2,814 % serta briket berkadar serat 1,0 % variasi kadar aspal 7,5 % bernilai 2,734 % dan pada kadar aspal yang lebih besar, serta briket berkadar serat 2,0 % variasi kadar aspal 8,0 % bernilai VITM 2,932 % tidak memenuhi persyaratan tersebut.



Gambar 6.2. Grafik hubungan nilai VITM dan kadar serat ijuk terhadap variasi kadar aspal

Pada Gambar 6.2 bila dilihat pengaruh serat ijuk, dengan tidak memperdulikan HRS B normal (tanpa serat ijuk) yang ada maka ditemukan pada kadar aspal yang sama, seluruh variasi serat mengalami proses kenaikan hingga kadar serat ijuk 1,5 % (menjadi maksimum), kemudian pada kadar serat ijuk 2,0 % nilai VITM menurun. Kejadian ini (kadar serat ijuk 2,0 %) tidak bisa diprediksikan karena secara logika penambahan kadar serat ijuk akan meningkatkan nilai VITM pada kadar aspal yang sama. Namun, apabila dicari penjelasan yang paling mungkin adalah pada kadar serat ijuk 2,0 % (kadar serat ijuk terbesar), pengaruh serat ijuk telah meningkatkan gaya adhesi secara berlebihan di dalam mortar campuran (aspal dan agregat halus), sehingga

penyerapan aspal oleh agregat kasar terkurangi. Selanjutnya bersama dengan agregat halus dan serat ijuk, aspal tersebut lebih banyak berada di luar agregat kasar (dalam bentuk mortar campuran), yang berakibat turunnya nilai VITM. Hal itu juga diperkuat dengan naiknya nilai VFWA dan *density* pada kadar serat tersebut (lihat Gambar 6.4 dan Gambar 6.12).

Jadi dapat disimpulkan nilai VITM akan maksimal pada kondisi kadar serat ijuk 1,5 % untuk variasi kadar aspal 6,3 %, 6,7 %, 7,1 %, 7,5 % dan 8,0 % .

## 2. Pengaruh serat ijuk terhadap nilai VFWA (*Void filled with asphalt*)

Nilai VFWA adalah suatu nilai yang menunjukkan jumlah rongga yang terisi oleh aspal, VFWA ini akan menentukan kualitas dari campuran. VFWA sangat dipengaruhi oleh kadar aspal yang digunakan, semakin besar kadar aspal maka rongga terisi aspal akan besar dan rongga udara yang tersisa semakin kecil.

Mekanisme dari proses *Bleeding*-pun sangat dipengaruhi oleh nilai rongga terisi aspal ini. Hal tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut : bila kadar aspal yang digunakan besar maka semakin kecil rongga udara yang tersisa, perlu diingat bahwa lapis permukaan mengalami pembebanan berulang dan peningkatan suhu (terutama pada musim panas).

Kedua faktor di atas mengakibatkan penurunan nilai viskositas aspal hingga aspal bersifat lebih encer. Dan dikarenakan pembebanan berulang , aspal tertekan ke segala

arah dan mengisi seluruh rongga udara yang tersisa. Apabila tidak terdapat lagi rongga udara yang tersisa maka aspal memiliki kecenderungan keluar dari lapis permukaan akibat gaya kapiler dan *Pumping process* oleh pembebanan berulang.

Inilah yang disebut *Bleeding*, lebih lanjut biasanya aspal yang telah berada di atas lapis permukaan akan mengurangi nilai *Skid resistance* yang direncanakan.

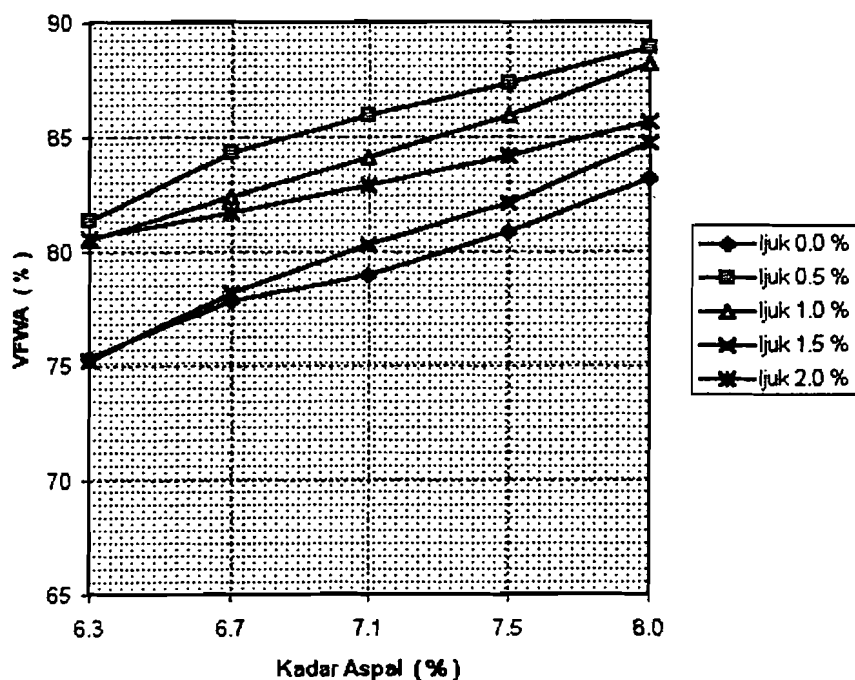
Di samping itu nilai VFWA yang tinggi juga dapat mengakibatkan *Slippage failure* lapis permukaan jalan.

Sedangkan untuk nilai VFWA yang rendah akan berakibat kurang impermeabelnya lapis permukaan serta kurangnya daya ikat (adhesi) hingga campuran lapis permukaan tidak memiliki durabilitas yang tinggi.

Untuk keperluan batasan terhadap hal-hal di atas maka dikeluarkan suatu spesifikasi nilai VFWA, menurut Ir. Djoko Untung Soedarso disarankan nilai VFWA berkisar 75 % hingga 85 %, sedangkan menurut SKBI 1987 nilai VFWA yang ikut menentukan sifat stabilitas, durabilitas dan fleksibilitas campuran lapis permukaan disyaratkan berkisar 76 % hingga 82 %.

Gambar 6.3 yang disajikan di bawah ini secara keseluruhan menunjukkan prinsip yang benar, nilai VFWA naik seiring kenaikan kadar aspal, mengingat aspal yang mengisi rongga dalam campuran semakin besar.





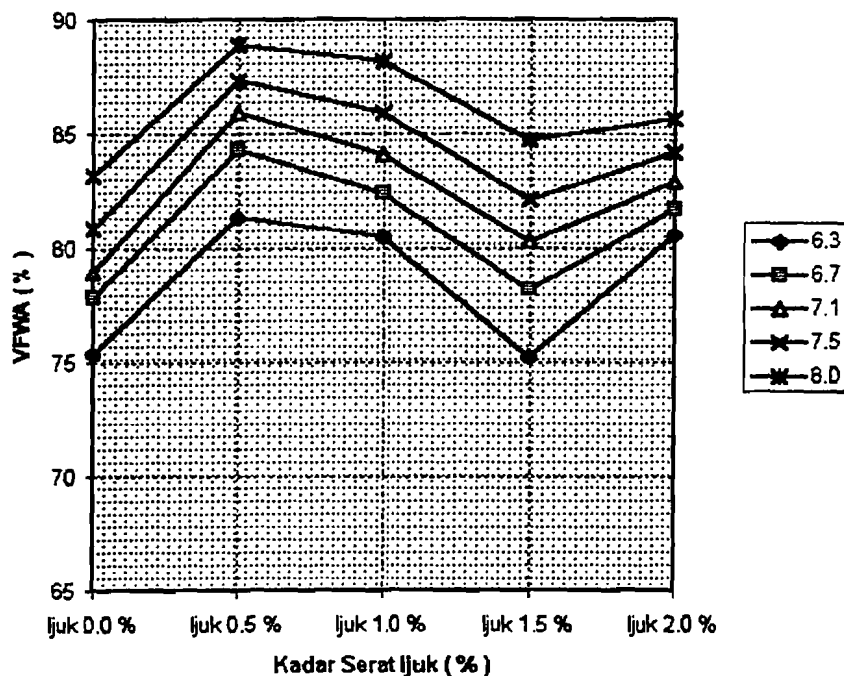
Gambar 6.3. Grafik hubungan kadar aspal dan nilai VFWA terhadap variasi kadar serat ijuk

Pada HRS B normal dapat dilihat bahwa yang masuk dalam rentang batas spesifikasi menurut SKBI 1987 hanya pada kadar aspal 6,7 %, 7,1 % dan 7,5 % dengan nilai VFWA berturut-turut 77,783 %, 78,973 % dan 80,872 %.

Untuk nilai kadar aspal 6,3 % dan 8,0 % tidak memenuhi spesifikasi yang diperkirakan karena tidak adanya kesesuaian antara kadar aspal yang dimaksud dengan proses, dengan kata lain pada kadar aspal 6,3 % masih diperlukan adanya penambahan kadar aspal dan sebaliknya pada kadar aspal 8,0 % perlu dikurangi untuk mencapai batasan spesifikasi.

Bila diamati secara seksama maka keseluruhan briket yang menggunakan kadar serat ijuk memiliki nilai VFWA di atas HRS B normal. Ini dapat dijelaskan dengan penambahan

serat ijuk maka aspal yang terserap dalam agregat kasar akan berkurang, dengan kata lain mekanisme adhesi agregat dan aspal meningkat dengan adanya serat ijuk akibat banyaknya aspal yang berada di luar agregat kasar.



Gambar 6.4. Grafik hubungan kadar serat ijuk dan nilai VFWA terhadap variasi kadar aspal.

Pada Gambar 6.4 tampak nilai VFWA dengan penambahan kadar serat ijuk pada kadar aspal yang sama terjadi nilai VFWA minimum pada kadar serat ijuk 1,5 %, ini dikarenakan nilai pori yang tidak terisi aspal berjumlah banyak (VITM tinggi).

Nilai VFWA naik dengan bertambahnya kadar aspal. Hal ini disebabkan penambahan jumlah aspal berfungsi mengisi pori yang tersedia dan dapat dibuktikan dengan turunnya nilai VITM (lihat Gambar 6.1 dan pembahasannya).

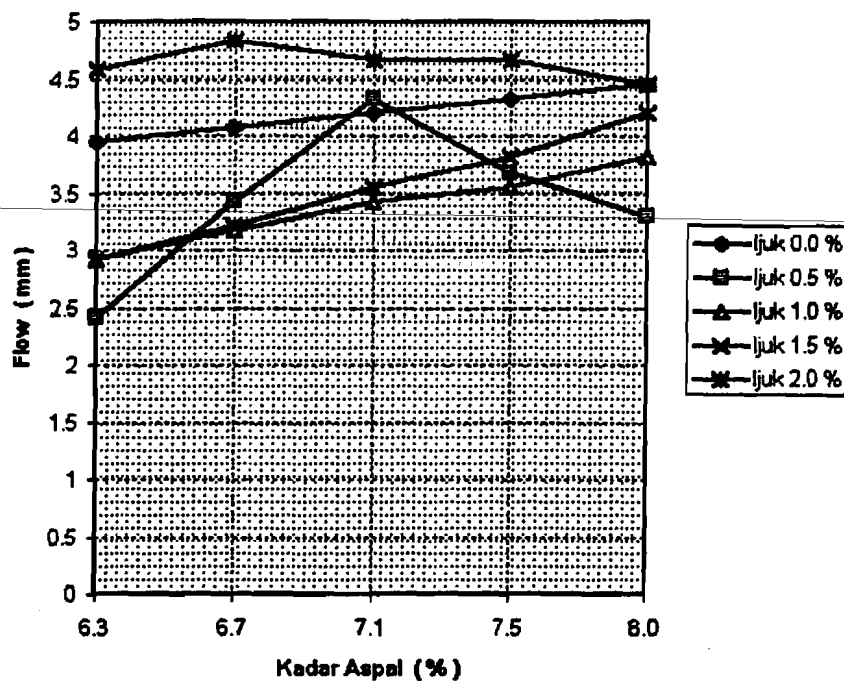
### 3. Pengaruh serat ijuk terhadap nilai kelelehan (*Flow*)

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

Campuran beton aspal dengan nilai *flow* tinggi memiliki kecenderungan sifat plastis sehingga mudah berubah bentuk jika menerima beban. Sedangkan untuk nilai *flow* rendah maka campuran cenderung kaku dan mudah retak jika dibebani melampaui daya dukungnya.

Persyaratan yang dikeluarkan CQCMU, 1988 untuk nilai kelelehan adalah antara 3 mm sampai dengan 6 mm.

Pada halaman selanjutnya disajikan Gambar 6.5 grafik hubungan kadar aspal dan nilai *flow* untuk berbagai kadar serat ijuk.



Gambar 6.5. Grafik hubungan kadar aspal dan nilai *flow* terhadap variasi kadar serat ijuk.

Secara prinsip peningkatan kadar aspal akan menaikkan nilai *flow* dari briket-briket sampel yang ada. Hal tersebut terjadi karena penambahan kadar aspal dapat mengurangi viskositas mortar campuran yang berarti campuran menjadi lebih lembek.

Bila diperhatikan Gambar 6.5 secara keseluruhan briket sampel memenuhi kriteria spesifikasi kecuali pada kadar aspal 6,3 % dengan kadar serat ijuk 0,5 %, 1,0 % dan 1,5 % tidak memenuhi spesifikasi minimum dari nilai *flow*, secara berturutan nilai *flow* tersebut 2,413 mm, 2,921 mm dan 2,921 mm .

Pada Gambar 6.5 terlihat nilai *flow* pada kadar serat ijuk 2,0 % lebih besar dibandingkan dengan briket berkadar serat ijuk yang lebih rendah pada seluruh variasi kadar aspal. Ini dapat dijelaskan bahwa mekanisme *inter-locking* (sifat saling mengunci antar agregat kasar) pada seluruh briket berserat ijuk 2,0 %, berkurang dengan banyaknya serat ijuk, dengan kata lain serat ijuk justru telah menjadi media gelincir bagi agregat kasar.

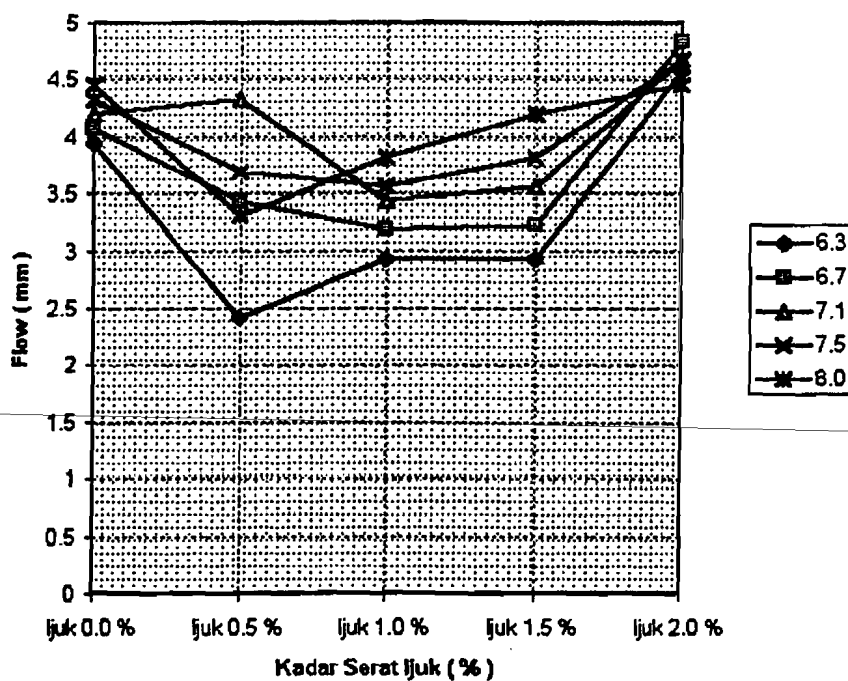
Tampak pula pada grafik di atas, pada kadar serat ijuk 0,0 %, 1,0 % dan 1,5 % telah memenuhi prinsip yang telah diuraikan di atas. Namun pada kadar serat ijuk 0,5 % dan 2,0 % mengalami penyimpangan.

Adapun penyimpangan pertama untuk briket berkadar serat ijuk 2,0 % pada keseluruhan kadar aspal justru mengalami kecenderungan penurunan nilai kelelehan, ini mungkin disebabkan oleh jumlah serat ijuk di dalam briket

sudah terlalu banyak sehingga transfer gaya tekan marshall sebagian besar telah terlimpahkan ke tegangan bahan serat ijuk sehingga nilai *flow* menurun.

Ini mungkin suatu sifat penyimpangan yang baik, karena nilai *flow* pada kadar serat ijuk 2,0 % bersifat lebih stabil (tidak fluktuatif) .

Penyimpangan kedua terjadi pada briket berkadar serat ijuk 0,5 % pada kadar aspal 7,1 % yang menunjukkan nilai *flow* besar, terhadap kadar aspal yang berlainan. Ini tidak dapat dijelaskan dengan pasti, apa yang menyebabkan hal di atas.



Gambar 6.6. Grafik hubungan kadar serat ijuk dan nilai *flow* terhadap variasi kadar aspal.

Pada Gambar 6.6 nampak pada kadar serat ijuk 0,0 %, 1,0 % dan 1,5 % derajat keteraturan nilai *flow* yang sama-

kin besar seiring dengan meningkatnya kadar aspal. Ini dapat dijelaskan dengan bertambahnya kadar aspal maka campuran akan menjadi lebih lembek sehingga bernilai *flow* tinggi. Sedangkan untuk campuran berkadar serat ijuk 0,5 % dan 2,0 % menunjukkan ketidakteraturan nilai *flow*, pada bagian ini terjadi kesulitan untuk menerangkan fenomena yang terjadi di dalam campuran beton aspal.

Secara keseluruhan pada kadar aspal yang sama terdapat nilai *flow* yang paling kecil (minimum) terhadap variasi kadar serat ijuk. Adapun nilai minimum tersebut umumnya terjadi pada kadar serat ijuk 0,5 % dan 1,0 % .

#### 4. Pengaruh serat ijuk terhadap nilai stabilitas

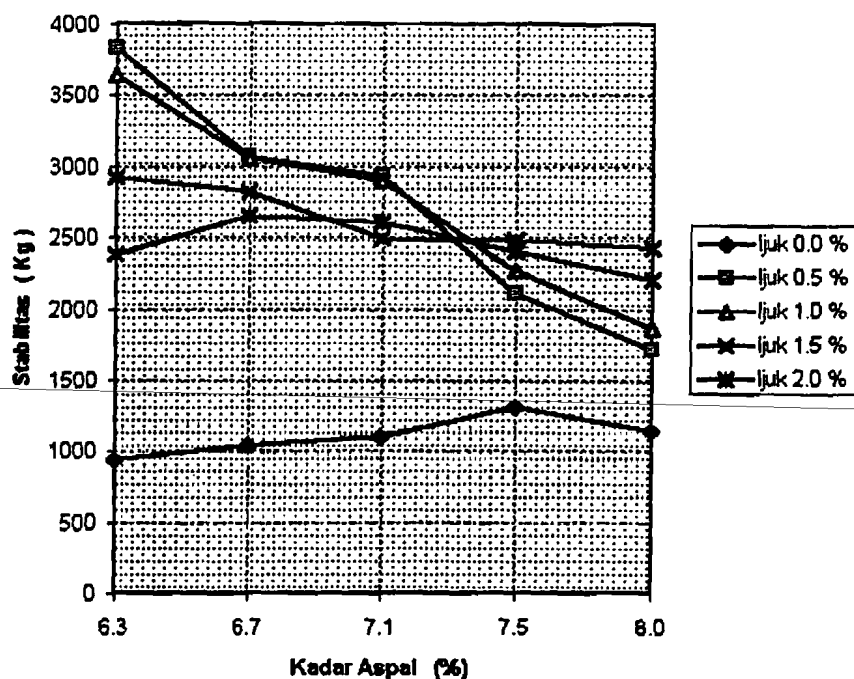
Nilai stabilitas menunjukkan besarnya kemampuan perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja. Perkerasan yang memiliki stabilitas yang tinggi akan mampu menahan beban lalu lintas yang besar. Sebaliknya rendahnya nilai stabilitas akan mengakibatkan turunnya daya dukung terhadap beban lalu lintas (mudah terjadi deformasi).

Stabilitas yang disyaratkan oleh CQCMU, 1988 adalah minimum 550 kg dan maksimum 1250 kg. Lapis keras HRS B dengan nilai stabilitas < 550 kg akan mudah terjadi *rutting* karena perkerasan bersifat lembek sehingga tidak mampu memikul beban yang berat, sedangkan nilai stabilitas > 1250 kg menyebabkan lapisan itu menjadi kaku dan cepat mengalami retak, di samping itu karena volume antar agregat ( rongga udara ) kurang sehingga mengakibatkan kadar

aspal yang dibutuhkan untuk mengisi rongga kurang. Hal ini menghasilkan film aspal tipis dan mengakibatkan ikatan aspal mudah lepas sehingga durabilitasnya juga rendah.

Aturan-aturan tersebut biasanya digunakan untuk campuran beton aspal tanpa adanya modifikasi bahan, untuk campuran beton aspal dengan modifikasi bahan ada kemungkinan hal tersebut di atas belum tentu berlaku bila diikuti penambahan kadar aspal yang tepat.

Dari hasil pengujian diperoleh hubungan antara kadar serat ijuk dan nilai stabilitas untuk berbagai kadar aspal yang ditunjukkan oleh Gambar 6.7 di bawah ini.



Gambar 6.7. Grafik hubungan kadar aspal dan nilai stabilitas terhadap variasi kadar serat ijuk.

Hasil pengujian laboratorium pada Gambar 6.7 tampak bahwa nilai stabilitas untuk campuran dengan kadar ijuk

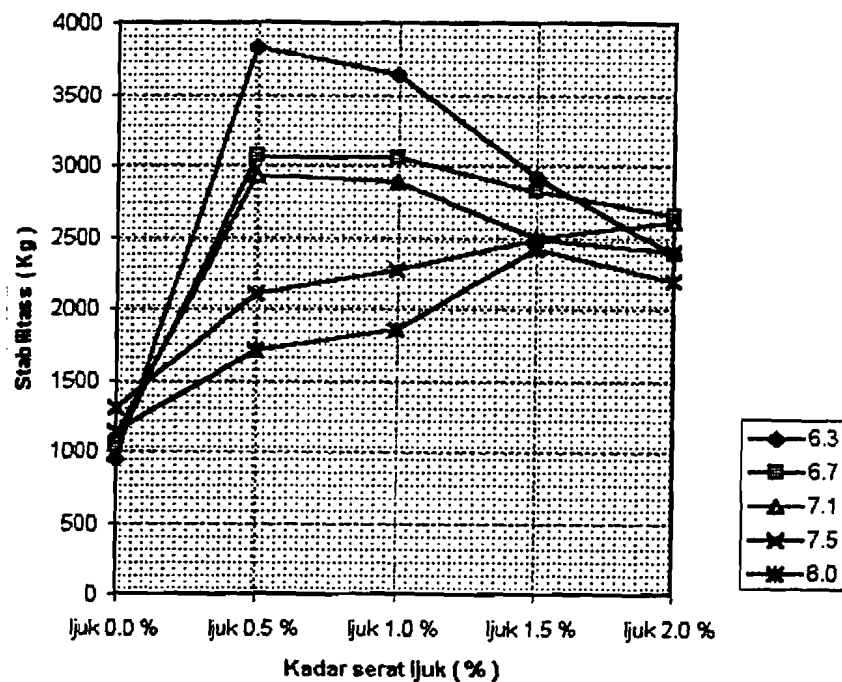
0,0 % berada dalam batas-batas spesifikasi. Sedangkan untuk campuran dengan variasi kadar ijuk semua berada di atas nilai batas maksimum yang disyaratkan. Kalau diperhatikan grafik pada Gambar 6.7 tampak nilai stabilitas untuk berbagai kadar serat ijuk umumnya mengalami penurunan dengan naiknya kadar aspal, kecuali pada campuran berkadar serat ijuk 2,0 % , pada kadar aspal 6,7 % yang mengalami nilai maksimum pada stabilitas 2646,919 kg. Atau dengan kata lain kadar aspal 6,7 % variasi kadar serat ijuk 2,0 % justru mengalami kenaikan stabilitas sebesar 266,04 kg dari kadar aspal 6,3 % pada kadar serat ijuk yang sama.

Sedangkan untuk HRS B normal mengalami kenaikan sampai pada kadar aspal 7,5 % kemudian menurun pada kadar aspal 8,0 %, ini menunjukkan adanya nilai optimum dari stabilitas pada HRS B normal.

Terlihat pada grafik untuk campuran dengan kadar ijuk 1,5 % dan 2,0 % penurunan nilai stabilitas (gradien garis) selisihnya lebih kecil jika dibandingkan dengan campuran yang menggunakan kadar serat ijuk 0,5 % dan 1,0 %.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada campuran dengan kadar serat ijuk 1,5 % dan 2,0 % bisa dikatakan lebih stabil nilai stabilitasnya dibandingkan campuran berserat ijuk lainnya.





Gambar 6.8. Grafik hubungan antara kadar serat ijuk dan nilai stabilitas terhadap variasi kadar aspal.

Pada Gambar 6.8 terlihat variasi kadar serat ijuk terhadap kadar aspal yang sama pada keseluruhan briket sampel menunjukkan adanya gejala nilai stabilitas maksimum, perkecualian untuk kadar aspal 7,1 % di mana terdapat 2 titik puncak stabilitas yaitu 2931,167 kg pada kadar serat ijuk 0,5 % dan 2601,373 kg pada kadar serat ijuk 2,0 %. Apabila dilihat secara keseluruhan pada kadar aspal 7,1 %, nilai stabilitasi maksimum terjadi pada kadar serat ijuk 0,5 % bila diperbolehkan untuk menarik suatu garis pendekatan.

Bila dilihat secara keseluruhan nilai stabilitas maksimum terjadi pada kadar serat ijuk 0,5 % pada kadar aspal 6,3 %, 6,7 % dan kadar aspal 7,1 % secara berturutan nilai-nilai itu 3829,356 kg , 3065,743 kg dan 2931,167 kg,

perkecualian terjadi pada kadar aspal 7,5 % dan 8,0 % yang nilai stabilitas maksimumnya terjadi pada kadar serat ijuk 1,5 % yaitu 2478 kg dan 2419,531 kg.

Dan mulai pada kadar aspal 7,1 % hingga 8,0 % nampak terjadi pergeseran nilai stabilitas maksimum ke kadar serat ijuk yang lebih besar.

Perlu ditekankan di sini perletakan serat ijuk secara random sangat berpengaruh terhadap peningkatan stabilitas. Apabila terdapat banyak serat yang mendatar (tegak lurus arah pembebanan) , diperkirakan akan terjadi stabilitas yang besar. Hal tersebut dikarenakan kemampuan bahan serat ijuk yang berusaha menjembatani campuran semakin besar, dengan kata lain terjadi transfer gaya dari campuran ke seluruh serat ijuk yang mendatar.

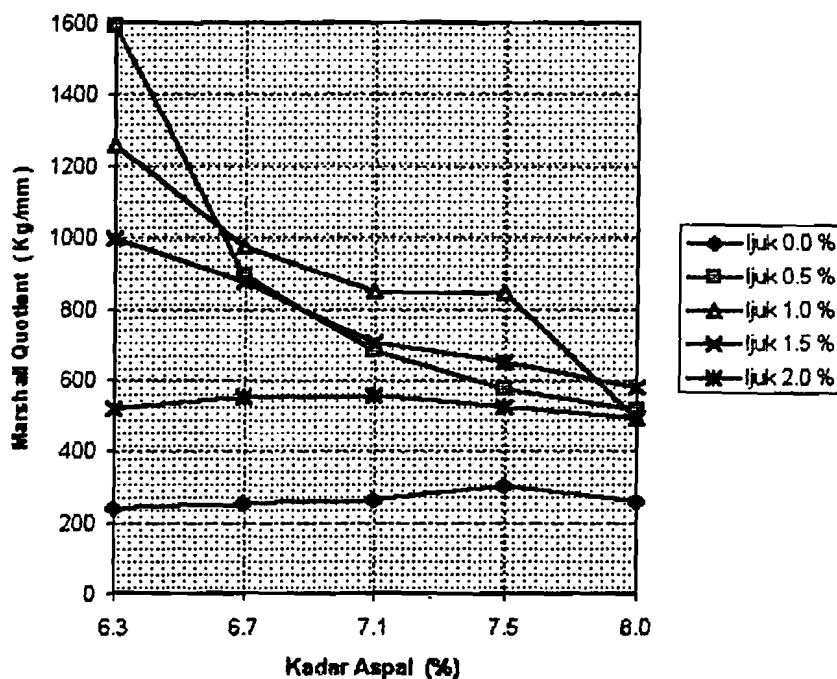
Jadi di sini sangat diharapkan sekali pada perletakan secara random akan lebih banyak serat ijuk yang mendatar letaknya (tegak lurus arah pembebanan).

Secara keseluruhan pada briket sampel berserat ijuk dapat meningkatkan nilai struktural campuran sehingga nilai stabilitas meningkat akibat adanya perbaikan mekanisme adhesi dan transfer tegangan pada serat.

##### **5. Pengaruh serat ijuk terhadap nilai *Marshall Quotient* ( MQ )**

Nilai *Marshall Quotient* merupakan hasil bagi antara stabilitas dan kelelehan (*flow*) yang digunakan sebagai pendekatan terhadap tingkat kekakuan dan fleksibilitas HRS B. Stabilitas yang tinggi yang disertai kelelehan yang

rendah maka campuran bersifat kaku sehingga mudah mengalami *Cracking*, sebaliknya stabilitas rendah dengan kelelahan yang tinggi menunjukkan campuran bersifat plastis yang berakibat perkerasan mudah mengalami deformasi bila menerima beban lalu lintas yang berulang.



Gambar 6.9. Grafik hubungan kadar aspal dan nilai MQ terhadap variasi kadar serat ijuk

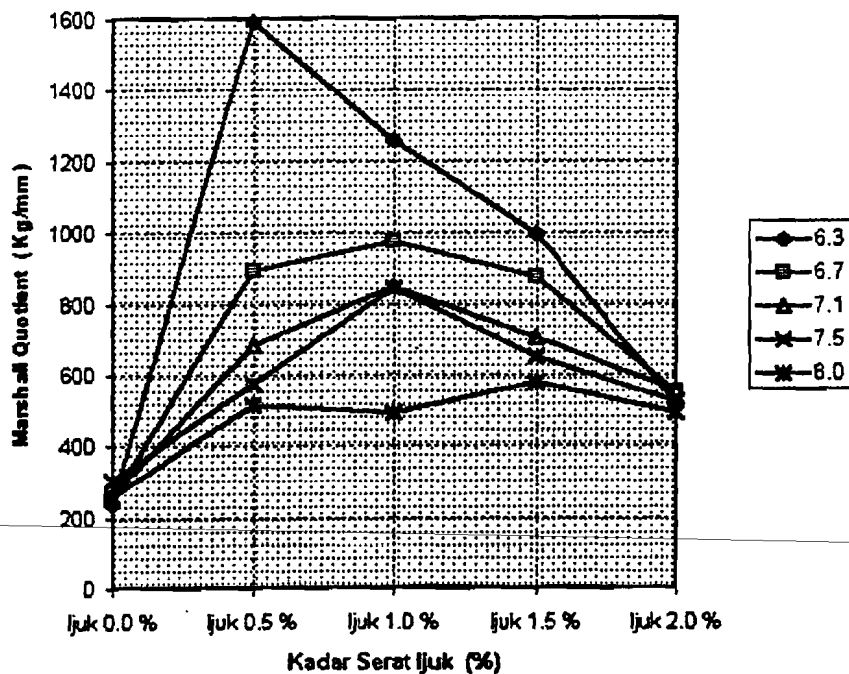
Batas spesifikasi yang disarankan oleh CQCMU, 1988 untuk nilai MQ adalah sebesar 1,8-5 KN/mm atau 180-500 kg/mm.

Pada Gambar 6.9 tampak nilai MQ untuk campuran HRS B normal (serat ijuk 0 %) masih berada di dalam batas spesifikasi yang disyaratkan. Sedangkan campuran dengan variasi serat ijuk umumnya berada di atas spesifikasi yang disyaratkan, ini disebabkan stabilitas yang tinggi serta nilai

kelelehan yang rendah.

Jadi secara umum dapat dikatakan bahwa nilai MQ campuran beton aspal dengan variasi ijuk mempunyai nilai MQ yang lebih besar dibandingkan dengan nilai MQ dari HRS B normal, yang berarti campuran dengan variasi penambahan serat ijuk bersifat lebih kaku.

Terlihat pula pada Gambar 6.9 briket sampel berkadar serat ijuk, nilai MQ cenderung menurun dengan bertambahnya kadar aspal.



Gambar 6.10. Grafik hubungan kadar serat ijuk dan nilai MQ terhadap variasi kadar aspal.

Pada gambar juga terlihat adanya kecenderungan bahwa pada kadar aspal yang sama seluruh briket sampel mengalami nilai maksimum MQ pada kadar serat ijuk tertentu.

Perkecualian dalam hal ini pada kadar aspal 8,0 % terdapat

2 buah titik puncak nilai MQ yaitu 515,0007 kg/mm pada kadar serat ijuk 0,5 % dan 576,507 kg/mm pada kadar serat ijuk 1,5 %. Namun apabila diadakan suatu pendekatan nilai MQ, dapat ditarik kesimpulan bahwa dalam hal ini masih terjadi nilai maksimum yang tunggal, dikarenakan nilai 515,0007 kg/mm tidaklah terlalu berjauhan dengan nilai tengah antara yaitu 492,3558 kg/mm yaitu 22,6449 kg/mm saja, atau dengan kata lain nilai maksimum pada kadar aspal 8,0 % terjadi pada kadar serat ijuk 1,5 % sebesar 576,507 kg/mm.

Adapun nilai-nilai MQ maksimum tersebut pada kadar aspal yang sama sebagian besar terjadi pada kadar serat ijuk 1 %, yaitu 974,0901 kg/mm untuk kadar aspal 6,7 % dan 846,4962 kg/mm untuk kadar aspal 7,1 % serta 844,1729 kg/mm untuk kadar aspal 7,5 %.

Dilihat dari nilai MQ maka kadar ijuk 2,0 % dapat menaikkan nilai struktur, hal ini dapat ditunjukkan dengan nilai stabilitas yang tinggi dan diikuti nilai *flow* yang tinggi juga (stabil namun cukup lentur), dan hal ini tidak terjadi pada kadar ijuk yang lain.

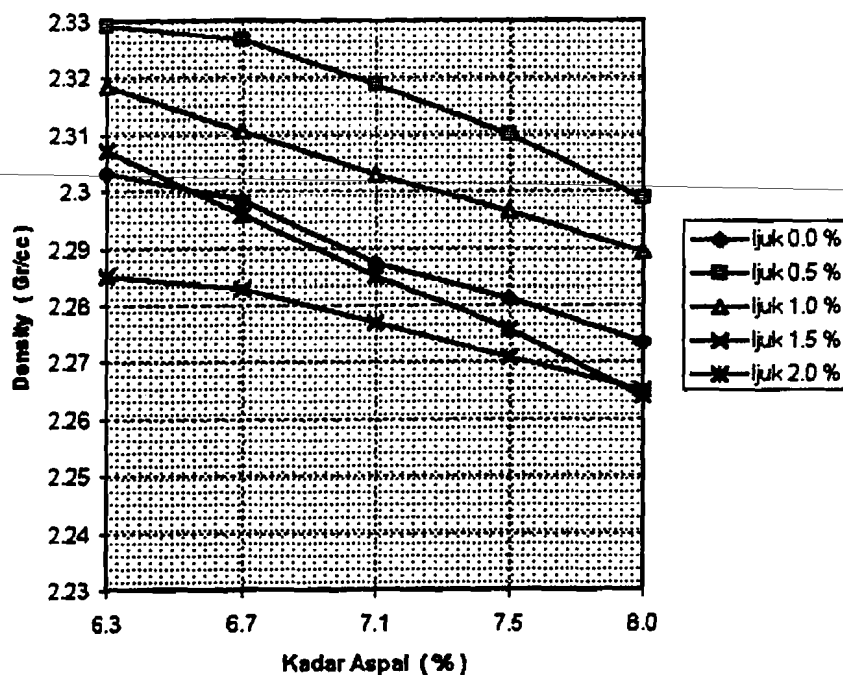
#### **6. Pengaruh serat ijuk terhadap nilai kepadatan**

##### **(*density*)**

Nilai *density* adalah perbandingan berat briket sampel dengan volumenya, ini menunjukkan besarnya derajat kepadatan suatu campuran yang telah dipadatkan. Campuran dengan kepadatan yang tinggi akan mampu menahan beban yang besar apa bila dibandingkan dengan campuran yang mempunyai

kepadatan yang lebih rendah. Nilai kepadatan campuran ini dipengaruhi oleh kualitas bahan (berat jenis bahan penyusun), fraksi volume bahan pada campuran dan cara pemadannya. Campuran akan mempunyai kepadatan yang tinggi apabila bentuk agregat tidak beraturan, porositas agregat rendah dan berat jenis yang tinggi serta kadar aspal yang optimum (cukup untuk menyelimuti permukaan agregat), pemadatan pada suhu tinggi (viskositas aspal rendah) dan cara-cara pemadatan yang benar. Dalam hal perencanaan campuran aspal ini tidak diberikan batasan rentang kepadatan (*density*), namun umumnya kepadatan campuran aspal berkisar antara 2,2 gr/cc hingga 2,5 gr/cc.

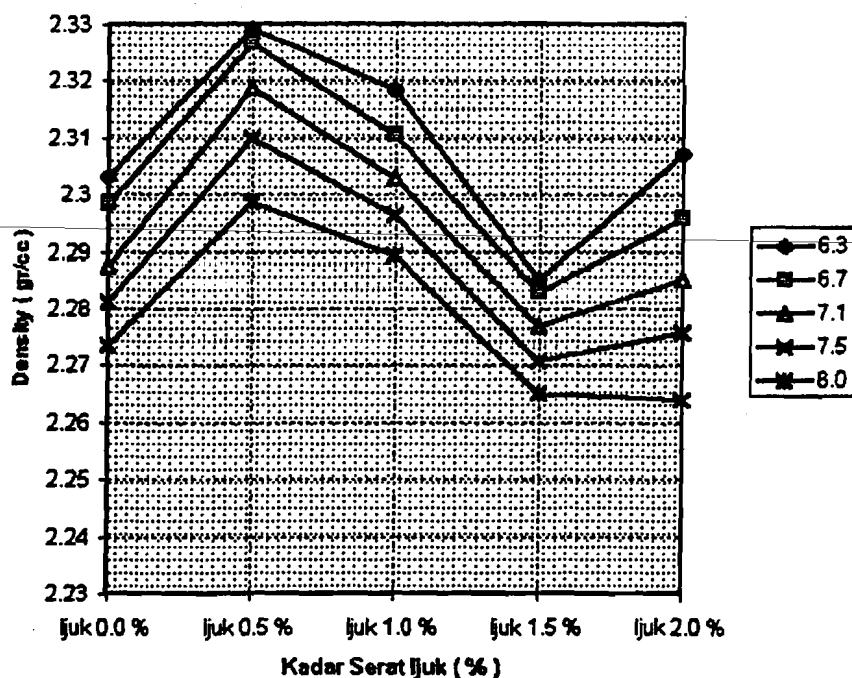
Berikut diperlihatkan Gambar 6.11 yang menunjukkan grafik hubungan kadar aspal dan nilai *density* terhadap variasi kadar serat ijuk.



Gambar 6.11. Grafik hubungan kadar aspal dan nilai *density* terhadap variasi kadar serat ijuk.

Pada Gambar 6.11 tampak bahwa nilai *density* mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Hal ini disebabkan penambahan kadar aspal akan menurunkan berat jenis teoritis campuran yang disebabkan oleh kadar aspal yang besar, sementara berat jenis aspal sendiri rendah dibandingkan dengan agregat.

Juga terlihat pada Gambar 6.11 bahwa sebagian besar briket sampel berkadar serat ijuk 1,5 % dan 2,0 %, nilai *density*-nya berada di bawah HRS B normal. Hal tersebut dikarenakan kandungan serat ijuk telah cukup besar sehingga mengakibatkan volume rongga yang ada besar (ini menaikkan nilai volume briket) , disamping sumbangan berat jenis serat ijuk sendiri sudah harus dipertimbangkan pula.



Gambar 6.12. Grafik hubungan kadar serat ijuk dan nilai *density* terhadap variasi kadar aspal.

Terlihat pada Gambar 6.12 , dengan tidak memperhatikan HRS B normal (hanya campuran bersepat), terlihat mengalami nilai minimum pada kadar serat ijuk 1,5 % yaitu 2,285 gr/cc untuk kadar aspal 6,3 % , 2,2829 gr/cc untuk kadar aspal 6,7 % , 2,277 gr/cc untuk kadar aspal 7,1 % dan 2,2707 gr/cc untuk kadar aspal 7,5 % pada keseluruhan kadar aspal yang sama.

Sementara untuk nilai kadar aspal 8,0 % mengalami penurunan linier dengan titik terendah 2,2639 gr/cc kadar serat ijuk 2,0 %.

Hal tersebut di atas mungkin dapat dijelaskan sebagai berikut pada kadar aspal 6,3 % , 6,7 % , 7,1 % dan 7,5 % mekanisme pemadatan masih sangat berpengaruh sekali , sementara untuk kadar aspal 8,0 % fraksi volume serat ijuk dan kadar aspal telah sangat berperan, dimana notabeneanya nilai berat jenis kedua bahan tersebut lebih kecil dibandingkan agregat sehingga terjadi penurunan secara linier.

#### 7. Evaluasi terhadap kekakuan aspal ( Sbit )

Pada perhitungan *Bitument stiffness* ( modulus kekakuan bitumen ) dengan menggunakan nomogram dikembangkan oleh Van der Poel's dan formula yang diturunkan oleh Ullidz. Pada penentuan nilai kekakuan aspal ini temperatur perkerasan yang digunakan adalah perkerasan pada temperatur rata-rata, asumsi kecepatan kendaraan ( V ) 50 km/jam. Contoh perhitungan :

- a. Modulus kekakuan bitumen ( Sbit ) menggunakan nomogram Van der Poel's.



dengan :

$t$  = waktu pembebanan dalam detik

$v$  = kecepatan kendaraan dalam meter/detik  
diambil 50 km/jam.

$l$  = panjang jejak roda (20-30 cm), diambil 25 cm.

$T$  = temperatur rencana perkerasan dalam °C,  
diambil 40°C.

$$1. t = \frac{l}{v} = \frac{0,25 * 3600}{50000} = 0,018 \text{ detik}$$

2. Titik lembek aspal (  $T_{rb}$  ) 53,5 °C

3. Penetrasi aspal pada suhu 25 °C (  $P_i$  ) 63,3

4. Suhu antara (  $T_{rb} - T$  ) 13,5 °C

5. Indeks penetrasi (  $P_{Ir}$  )

$$P_{Ir} = \frac{27 \log P_i - 21,65}{76,35 \log P_i - 232,82} = - 0,2832$$

Dari data 1, 4 dan 5 dengan nomogram Van der Poel's didapat nilai kekakuan bitumen (  $S_{bit}$  ) sebesar  $1 * 10^6 \text{ N/m}^2$ .

b. Modulus kekakuan bitumen yang menggunakan formula Ullidz.

$$P_r = 0,65 * P_i = 41,145$$

$$P_{Ir} = \frac{27 \log P_i - 21,65}{76,35 \log P_i - 232,82} = - 0,2832$$

$$S_{Pr} = 94,8 - 26,35 \log P_r = 52,2627$$

$$\begin{aligned} S_{bit} &= 1,157 * 10^{-7} * t^{-0,368} * 2,718^{P_{Ir}} \\ &\quad * ( S_{Pr} - T )^5 \\ &= 1,06 * 10^6 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

Dari kedua cara tersebut di atas untuk mencari nilai kekakuan bitumen, baik yang menggunakan nomogram Van der Poel's maupun dengan rumus Ullidz didapat nilai yang tidak terlalu jauh berbeda.

## 8. Pengaruh Serat Ijuk terhadap Nilai Kekakuan

### Campuran ( Smix )

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

Contoh perhitungan :

#### a. Cara nomogram Shell

Sebagai contoh diambil dari sampel dengan kadar serat ijuk 0,5 % dan kadar aspal 6,3 %.

$$S_{bit} = 1 * 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$M_a = \frac{1200 - 75,6}{1200} * 100 \% = 93,7 \%$$

$$M_b = \frac{75,6}{1200} * 100 \% = 6,3 \%$$

Berat jenis aspal ( Gb )	= 1,038 gr/cc
Berat jenis agregat	= 2,650 gr/cc
BJ agregat modifikasi ( Ga )	= 2,642 gr/cc
Berat jenis air ( w )	= 1,000 gr/cc

$$\sigma_{max} = \frac{(100 * w)}{(M_b/G_b) * (M_a/G_a)} = 2,407 \text{ gr/cc}$$

$$\text{Berat jenis volume/isi } (\sigma_m) = 2,3405 \text{ gr/cc}$$

$$V_v = \frac{(\sigma_{max} - \sigma_m)}{\sigma_{max}} * 100 \% = 2,7628 \%$$

$$V_b = \frac{(100 \% - V_v) * (M_b/G_b)}{(M_b/G_b) + (M_a/G_a)} = 14,207 \%$$

$$V_g = 100 \% - (V_v + V_b) = 83,03 \%$$

Dari hasil perhitungan di atas selanjutnya dicari nilai kekakuan campuran dari nomogram Shell. Dari nomogram

tersebut didapat kekakuan campuran sebesar  $1,9 * 10^8 \text{ N/m}^2$ .

- b. Perhitungan berdasarkan formula Heukelom dan Klomp  
Sebagai contoh diambil dari sampel dengan kadar serat ijuk 0,5 % dan kadar aspal 6,3 %.

$$S_{bit} = 1 * 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$M_a = \frac{1200 - 75,6}{1200} * 100 \% = 93,7 \%$$

$$M_b = \frac{75,6}{1200} * 100 \% = 6,3 \%$$

Berat jenis aspal ( Gb )	= 1,038 gr/cc
Berat jenis agregat	= 2,650 gr/cc
BJ agregat modifikasi ( Ga )	= 2,642 gr/cc
Berat jenis air ( w )	= 1,000 gr/cc

$$\sigma_{max} = \frac{(100 * w)}{(M_b/G_b) * (M_a/G_a)} = 2,407 \text{ gr/cc}$$

$$\text{Berat jenis volume/isi } (\sigma_m) = 2,3405 \text{ gr/cc}$$

$$V_v = \frac{(\sigma_{max} - \sigma_m)}{\sigma_{max}} * 100 \% = 2,7628 \%$$

$$V_b = \frac{(100 \% - V_v) * (M_b/G_b)}{(M_b/G_b) + (M_a/G_a)} = 14,207 \%$$

$$V_g = 100 \% - (V_v + V_b) = 83,03 \%$$

Kemudian kita mencari nilai Cv dengan rumus :

$$C_v = \frac{V_g}{V_g + V_b} = 0,853889$$

Jika harga  $V_v > 3 \%$  maka dicari  $C_v'$  dengan rumus :

$$C_v' = \frac{C_v}{1 + 0,01 * (V_v - 3)} = 0,855919$$

Disyaratkan  $C_b > 2/3 * (1 - C_v)$

$$C_b = \frac{V_b}{V_b + V_g} = 0,14611053$$

Check nilai  $C_b = 0,14611 > 2/3 * ( 1 - 0,8421 ) = 0,096053$

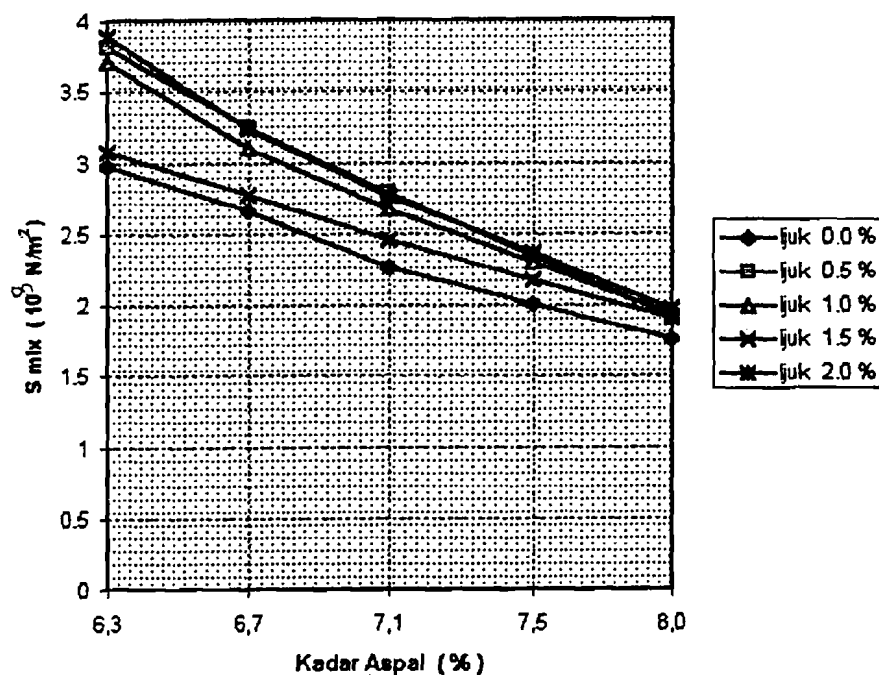
$$n = 0,83 \log \left( \frac{4 * 10^{10}}{S_{bit}} \right) = 3,8197$$

$$S_{mix} = S_{bit} * \left( 1 + \frac{2,5}{n} * \frac{C_v}{(1 - C_v)} \right)^n = 4,081 * 10^8 \text{ N/m}^2$$

Dan untuk hasil selengkapnya dengan jalan menggunakan 2 metode tersebut di atas dapat dilihat pada lampiran bernomor 19 hingga lampiran bernomor 22.

Namun dalam pembahasan hanya akan digunakan adalah metode kekakuan campuran (  $S_{mix}$  rerata ) yang menggunakan formula Heukelom dan Klomp , karena memiliki tingkat ketelitian yang tinggi.

Di halaman berikutnya disajikan Gambar 6.13 grafik hubungan kadar aspal dan modulus kekakuan campuran (  $S_{mix}$  ) terhadap variasi kadar serat ijuk dan juga Gambar 6.14 yang menggambarkan grafik hubungan kadar serat ijuk dan modulus kekakuan campuran (  $S_{mix}$  ) terhadap variasi kadar aspal dengan menggunakan metode Heukelom dan Klomp.

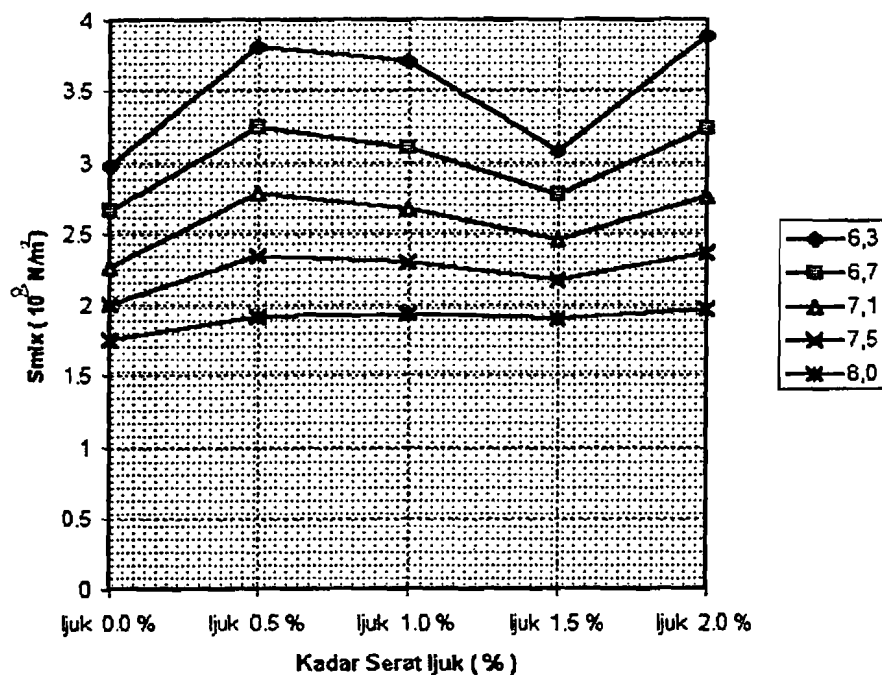


Gambar 6.13. Grafik hubungan kadar aspal dan nilai Smix terhadap variasi kadar serat ijuk.

Dari Gambar 6.13 tampak grafik nilai modulus kekakuan campuran menurun sesuai dengan penambahan kadar aspal, ini dapat dijelaskan karena fraksi aspal di dalam campuran bertambah sementara diketahui bahwa berat jenis aspal adalah kecil. Jadi secara prinsip benar adanya.

Dari hal di atas dapat disimpulkan bahwa kadar aspal dalam campuran sangat berperan dalam menurunkan nilai kekakuan campuran dan meningkatkan sifat lentur dari lapis permukaan.

Terlihat pula bahwa seluruh briket sampel berserat ijuk nilai Smix-nya berada di atas HRS B normal. Ini menunjukkan dengan penambahan serat ijuk terjadi peningkatan nilai kekakuan campuran beton aspal.



Gambar 6.14. Grafik hubungan kadar serat ijuk dan nilai Smix terhadap variasi kadar aspal.

Apabila diperhatikan pada Gambar 6.14 juga terlihat bahwa pada kadar aspal yang sama, nilai kekakuan campuran mengalami nilai minimum pada kadar serat ijuk 1,5 %, bila HRS B normal diabaikan.

Sementara apabila dibandingkan antara briket sampel berkadar serat ijuk 0,0 % dan 1,5 %, pada kadar aspal yang sama, tampak nilai kekakuan serat ijuk 1,5 % masih berada di atas nilai kekakuan serat ijuk 0,0 % .

Ini berarti seluruh briket sampel berkadar serat berada di atas HRS B normal dan bersifat lebih kaku. Hal ini dapat dijelaskan penambahan serat ijuk pada briket sampel meningkatkan nilai struktural karena mekanisme adhesi yang diperbaiki dan tegangan bahan serat yang ada (lihat pemba-

hasan stabilitas dan Gambar 6.7 serta Gambar 6.8) .

Terdapat pula di dalam grafik bahwa interval antara kekakuan terbesar dan kekakuan terkecil pada kadar aspal yang sama mengalami penurunan nilai . Hal ini dapat dijelaskan karena kadar aspal yang ada (mengalami peningkatan) semakin memungkinkan untuk mengisi rongga yang ada, yang dihasilkan oleh fraksi agregat dengan ataupun tanpa serat ijuk. Lebih jelasnya terlihat pada Gambar 6.14 pada kadar aspal 7,5 % dan 8,0 % terhadap variasi kadar serat ijuk , nilai kekakuan campuran menunjukkan adanya kestabilan (tidak terlalu fluktuatif).

Dapat ditarik kesimpulan di sini bahwa penambahan serat ijuk juga dapat mengurangi mekanisme lentur ataupun menambah nilai kekakuan campuran aspal. Perilaku ini ditunjukkan oleh seluruh campuran berkadar serat, dengan kadar aspal yang sama, pada keseluruhan briket sampel.

## EAB VII

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 7.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan secara keseluruhan maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Suatu serat dapat dikatakan baik untuk campuran perkerasan jalan bilamana sifat-sifat yang baik pada serat tersebut dapat dipertahankan terhadap proses pembuatan briket sampel.
2. Mengacu pada beberapa literatur dan pengujian serat ijuk maka disimpulkan bahwa serat yang baik juga harus memiliki kekuatan bahan yang tinggi dan permukaan yang juga kasar untuk menjamin gaya pengangkuruan pada campuran aspal. Hal itu dimaksudkan agar diperoleh panjang kritis yang kecil dan tegangan bahan yang termanfaatkan besar.
3. Setelah dilakukan serangkaian percobaan terhadap agregat kasar, agregat halus dan aspal, maka bahan-bahan tersebut memenuhi spesifikasi yang ditentukan oleh LATASTON 1983 dan CQCMU 1988, sehingga dapat digunakan sebagai bahan untuk penelitian konstruksi beton aspal pada campuran HRS B. Sedangkan penentuan panjang serat ijuk ditentukan sepanjang 0,75 cm. Hal ini dilakukan setelah percobaan dengan panjang serat ijuk 1 cm dan 2 cm, briket mengalami segregasi dan penggelembungan.



4. Campuran dengan kadar serat ijuk 1,5 % nilai VITM lebih tinggi dibandingkan dengan campuran yang berkadar serat ijuk 0,0 %, 0,5 %, 1,0 % dan 2,0 %, sedangkan pada kadar serat ijuk 0,5 %, 1,0 % dan 2,0 % nilai VITM pada campuran tersebut lebih rendah dibandingkan campuran HRS B tanpa serat ijuk.

Pada kadar aspal sama nilai VITM mengalami penurunan pada kadar ijuk 0,5 % dan naik kembali pada kadar ijuk 1,0 % dan 1,5 %, sedangkan pada kadar ijuk yang sama nilai VITM menurun dengan bertambahnya kadar aspal. Pada kadar ijuk 2,0 % penurunan nilai VITM relatif konstan.

5. Pada kadar aspal yang sama nilai VFWA mengalami kenaikan pada kadar serat ijuk 0,5 % dan kembali turun pada kadar serat ijuk 1,0% dan 1,5%.

Campuran yang berkadar serat ijuk mempunyai nilai VFWA lebih tinggi dibandingkan dengan campuran tanpa serat ijuk.

Pada kadar serat ijuk yang sama nilai VFWA naik dengan bertambahnya kadar aspal.

6. Pada campuran dengan kadar serat ijuk 1,0 % dan 1,5 % nilai *flow* lebih rendah dibandingkan dengan campuran yang tidak berserat ijuk, kecuali pada kadar serat ijuk 2,0 % nilai *flow* lebih tinggi dibandingkan dengan campuran yang tidak berserat ijuk.

Penambahan kadar aspal akan menaikkan nilai *flow* untuk campuran baik yang berserat ijuk maupun yang tidak

- berserat ijuk. Pada kadar ijuk 2,0 % nilai *flow* naik pada kadar aspal 6,7 % dan turun kembali dengan kadar aspal yang lebih besar.
7. Untuk campuran yang berkadar serat ijuk mempunyai nilai stabilitas lebih tinggi dibandingkan dengan campuran yang tidak berserat ijuk. Pada campuran dengan kadar serat ijuk 2,0 % nilai stabilitas relatif stabil dibandingkan dengan campuran berserat ijuk lainnya.
  8. Penggunaan serat ijuk pada campuran beton aspal mempunyai nilai MQ lebih tinggi dibandingkan dengan campuran yang tidak berserat ijuk pada kadar aspal yang sama, sehingga dengan penggunaan serat ijuk campuran akan lebih kaku. Pada kadar serat ijuk yang sama penambahan kadar aspal akan menurunkan nilai MQ untuk berbagai campuran yang memiliki serat ijuk. Pada kadar serat ijuk 2,0 % nilai MQ bersifat lebih stabil penurunannya ( cenderung datar ).
  9. Penambahan serat ijuk sebesar 0,5 % dan 1,0 % nilai *density*-nya lebih tinggi dibandingkan dengan campuran yang tidak berserat ijuk ( HRS B normal ), sedangkan pada kadar serat ijuk 1,5 % dan 2,0 % lebih rendah dibandingkan dengan nilai *density* untuk briket yang tidak berserat ijuk.
  10. Nilai Smix pada briket berserat ijuk lebih tinggi dibandingkan dengan briket yang tidak berserat ijuk pada kadar aspal yang sama. Pada kadar aspal yang sama, nilai kekakuan campuran naik pada kadar serat ijuk 0,5

% dan menurun pada kadar serat ijuk 1,0 % dan 1,5 %, dan kemudian naik kembali pada kadar serat ijuk 2,0 %. Melihat gejala yang ditunjukkan grafik maka disimpulkan nilai Smix cenderung stabil ( tidak fluktuatif ) pada kadar aspal 7,5 % dan 8,0 %.

11. Mengingat pembahasan sebelumnya maka penambahan serat ijuk dapat meningkatkan nilai struktural campuran , sehingga nilai stabilitas meningkat akibat adanya perbaikan mekanisme adhesi dan transfer tegangan pada bahan serat. Disamping itu juga meningkatkan sifat kelenturan dari briket campuran ( lihat pembahasan nilai *flow* dan MQ pada kadar serat ijuk 2,0 % ) .
12. Pengaruh penggunaan serat ijuk dapat meningkatkan gaya adhesi di dalam mortar campuran ( aspal dan agregat halus ), sehingga dapat mengurangi penyerapan aspal oleh agregat kasar.

## 7.2. Saran-saran

Dari pengalaman melaksanakan penelitian ini di laboratorium dapat dikemukakan beberapa saran-saran sebagai berikut ini.

1. Mengingat keterbatasan alat yang digunakan untuk penelitian serat ijuk ( sifat-sifat fisik ), maka dirasakan perlunya untuk memperbaiki pengujian serat ijuk, dalam artian menggunakan alat yang bersesuaian dan jumlah sampel yang cukup ( untuk uji tarik dan geser permukaan serat ijuk ).

2. Mengingat jumlah briket sampel dalam penelitian ini berjumlah 25 buah rangkap dua (duplo) dengan variasi tinjauan ke arah kadar serat dan kadar aspal, maka untuk memperoleh hasil yang lebih akurat dirasakan perlu menambah jumlah sampel yang lebih banyak, pada penelitian yang sama untuk peneliti selanjutnya.
3. Perlu diadakan penelitian untuk campuran berkadar serat ijuk lebih besar dari 2,0 %, mengingat hasil penelitian menunjukkan pada kadar serat ijuk 2,0 % telah mulai menunjukkan gejala perbaikan parameter ke arah yang lebih baik dan stabil. Hingga nantinya ditemukan campuran berkadar serat ijuk yang baik yang dapat dibawa ke pengujian di lapangan.
4. Untuk penelitian selanjutnya, perlu diadakan penelitian berupa pengujian tebal film aspal pada campuran, pengujian *Indirect Tensile Strength* (uji tarik tak langsung) dan *Immersion Test* guna melengkapi penelitian ini, karena ketiga pengujian di atas dapat menunjukkan sifat durabilitas dan kelekatan mortar terhadap agregat kasar dari campuran beton aspal.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, 1994, Bunga Rampai Aspal Seri 94-BHN-01 dan 94-BHN-02, Majalah Jalan Transportasi No. 83.
2. Balaguru and Shah, 1992, *Fiber Reinforced Cement Composite*, Mc Graw Hill, United States.
3. Brown, Stephen , 1990, *The Shell Bitumen Handbook*, Shell Bitumen, United Kingdom.
4. Crauss J. and Ishai, 1982, *Durability of Bituminous Paving Mixtures as Related to Filler Type and Properties*, Proceeding of the Assistant Asphalt Paving Technology Volume 52.
5. Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Bina Marga, 1983, UU No. 12/PT/B/1983 & 13/PT/B/1983, Jakarta.
6. Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Bina Marga, CQCMU, Agustus 1988, *Manual Supervisi Lapangan untuk Staff Pengendali Mutu*.
7. Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Bina Marga, 1976, *Manual Pemeriksaan Bahan Jalan*, Jakarta.
8. D.U. Sudarsono, 1982, *Konstruksi Jalan Raya*, Jakarta.
9. E.J. Yoder and Matthew W. Witczak, 1975, *Principles of Pavement Design*.
10. Hatta Sunanto, 1986, *Budidaya dan Multiguna Aren*.
11. Krebs and Walker, 1971, *Highway Material*, Mc Graw Hill , United States.

12. Mudjiono.F.A, 1994, *Spesifikasi Aspal Beton*.
13. Silvia Sukirman, 1982, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Bandung.
14. Slamet Suseno, 1993, *Bertanam Aren*, Jakarta.
15. Suprpto TM, 1995, *Bahan dan Struktur Jalan Raya*, Biro Penerbit KMTS UGM, Yogyakarta.
16. The Asphalt Institute, January 1983, *Principles of Construction of Hot Mix Asphalt Pavements*, Manual Series No. 22, United States.
17. Zbigniew D. Jastrzebski, 1987, *The Nature and Properties of Engineering Material*, John Willey & Sons, United States.

## PENUTUP

Alhamdulillah, dengan mengucapkan puji dan syukur kepada Allah SWT. yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada penyusun, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Dalam Tugas Akhir ini, penyusun berusaha dengan sebaik-baiknya menyampaikan hasil penelitian yang penyusun dapatkan. Untuk itu kritik dan saran yang bersifat membangun, guna penyempurnaan Tugas Akhir ini, amat penyusun harapkan dan hargai. Atas kritik dan saran yang diberikan, penyusun ucapkan banyak terima kasih.

Sekali lagi Penyusun mengucapkan terima kasih, terutama kepada Bapak Ir. H. Bachnas MSc, selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Ir. Subarkah, MT, selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing Penyusun dari awal hingga akhir secara baik, disamping itu telah meluangkan tenaga, waktu dan pikiran untuk memeriksa Tugas Akhir ini hingga selesai. Semoga amal ibadahnya diberikan balasan yang setimpal dari Allah SWT. Amin.

Akhirnya diharapkan Tugas Akhir ini dapat berguna dan ditindak-lanjuti bagi rekan-rekan mahasiswa Teknik Sipil khususnya maupun masyarakat pada umumnya.

---

LAMPIRAN - LAMPIRAN





Tugas akhir : Pengaruh Serat Ijuk Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran HRS Yang Menggunakan Gradasi Tengah  
 Penyusun : Yudi (90 310 138) & M. Jazir Alkas (90 310 018)  
 Pembimbing : Ir. H. Bachmas, Msc & Ir. Subarkah, MT  
 Laboratorium : Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

Hasil Pemeriksaan Tegangan Tarik Serat Ijuk

No.	Keterangan	Hasil	Sketsa Sampel
1.	Diameter Rerata Serat (D)	0,05 cm	
2.	Jumlah Serat (n)	36 buah	
3.	Beban Tarik Total (Pt)	51,996 Kg	
4.	$\sqrt{f_u} = \frac{P_t}{n * 0,25 * D}$	735,593 Kg/cm	

Hasil Pemeriksaan Tegangan Geser Permukaan Serat Ijuk

No.	Keterangan	Hasil	Sketsa Sampel
1.	Diameter Rerata Serat (D)	0,05 cm	
2.	Jumlah Serat (n)	36 buah	
3.	Beban Geser Total (Pg)	7,884 Kg	
4.	$\tau = \frac{P_g}{n * 0,25 * D}$	1,394 Kg/cm	

Keterangan :

Untuk menentukan panjang kritis digunakan rumus sebagai berikut :

$$L_c = \frac{2 * \sqrt{f_u} * A}{P * \tau} = \frac{2 * 735,593 * 0,25 * 0,05}{0,05 * 1,394} = 13,192 \text{ cm}$$

Namun dalam penelitian ini menggunakan serat ijuk dengan panjang 0,75 cm, tidak menggunakan panjang rencana setara dengan panjang kritis mengingat batasan *Workability*. Adapun dengan panjang rencana tersebut maka tegangan bahan serat ijuk yang termanfaatkan adalah :

$$= \frac{L * \tau * (\pi * D)}{2 * (0,25 \pi * D^2)} = \frac{0,75 * 1,394 * (\pi * 0,05)}{2 * (0,25 \pi * 0,05^2)} = 41,82 \text{ Kg/cm}$$



*Handwritten signature:* Yudi



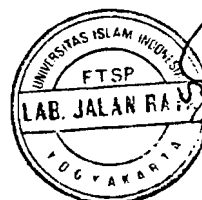
Tugas akhir : Pengaruh Serat Ijuk Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran HRS  
Yang Menggunakan Gradasi Tengah  
Penyusun : Yudi (90 310 138) & M. Jazir Alkas (90 310 018)  
Pembimbing : Ir. H. Bachmas, Msc & Ir. Subarkah, MT  
Laboratorium : Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan  
Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

Tabel Pemeriksaan Berat Jenis Serat Ijuk Yang Digunakan

Berat serat ijuk ( M ) dalam gram	Pembacaan tinggi gelas ukur awal ( T0 ) dalam milliliter	Pembacaan tinggi gelas ukur akhir ( T1 ) dalam milliliter	Volume serat ijuk ( V ) = T1 - T0 dalam milliliter	Berat jenis serat ijuk ( BJ ) = M / V dalam gram / milliliter
8	71	78,5	7,5	1,0667
10	63	72,0	9,0	1,1111
12	73	84	11	1,0909
14	82	95	13	1,0769

**Keterangan :**

Dari beberapa pemeriksaan di atas diperoleh berat jenis rerata dari serat ijuk adalah 1,0364 gr/ml atau 1,0364 gr/cc. Nilai inilah yang nantinya akan digunakan untuk menentukan beberapa parameter terkait seperti Bj agregat maksimum teoritis dan lain - lain.





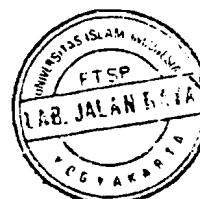
Tugas akhir : Pengaruh Serat Ijuk Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran HRS  
Yang Menggunakan Gradasi Tengah  
Penyusun : Yudi (90 310 138) & M. Jazir Alkas (90 310 018)  
Pembimbing : Ir. H. Bachmas, Msc & Ir. Subarkah, MT  
Laboratorium : Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan  
Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

### Hasil Pemeriksaan Karakteristik Serat Ijuk

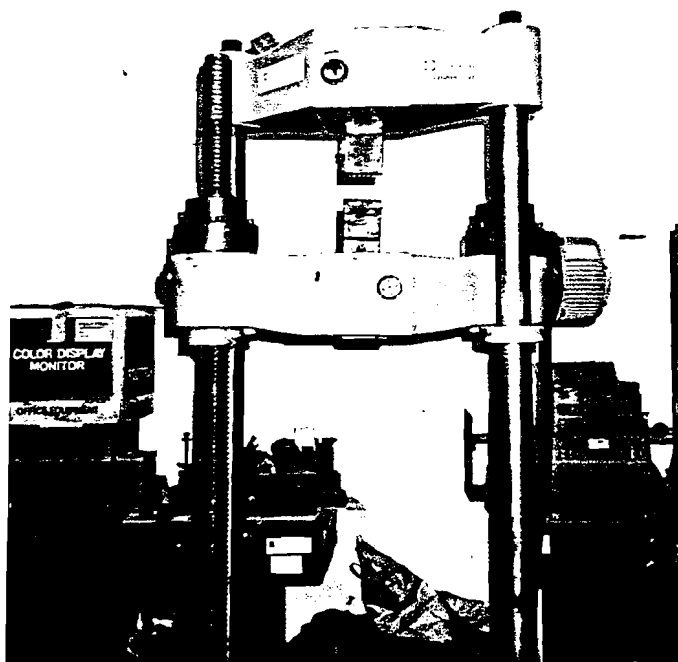
No.	Pengujian	Hasil		Keterangan
		Serat 1 cm	Serat 2 cm	
1.	Kandungan Air : a. Berat Awal (Bo) b. Berat Akhir (Bi) c. Kadar Air $((Bo - Bi) / Bo)$	10 gr 9,17 gr 8,3 %	10 gr 9,21 gr 7,9 %	Pemanasan digunakan alat berupa oven, pada suhu 150 C selama 4 jam. Adapun kadar air rerata adalah 8,1%
2.	Ketahanan terhadap Panas	Baik	Baik	Panas yang dimaksud 150 C selama 4 jam. Sampel 1 cm berbentuk tetap namun pada sampel 2 cm terjadi pelengkungan serat ijuk.
3.	Pendekatan terhadap pembuatan briket sampel. a. Pencampuran	Baik	Tak Baik	Suhu uji coba pencampuran 200 C dan berat serat yang diberikan adalah 12 gr. Pada sampel 1 cm tidak menunjukkan adanya penggumpalan dan pengumpulan serat pada satu tempat ( <i>Balling Effect</i> ). Sebaliknya dengan sampel 2 cm.
	b. Pemadatan	Baik	Tak Baik	Briket yang dihasilkan oleh pemadatan menunjukkan adanya pengelembungan, kondisi terparah dapat dilihat pada briket dengan serat 2 cm.
4.	Ekstraksi	Baik	Tak Baik	Pada briket dengan serat 1 cm dapat dipisahkan dan tak terjadi kerusakan serat ijuk, sementara pada briket dengan serat 2 cm terjadi deformasi serat berupa patahnya serat ijuk.

#### Keterangan :

Mengingat beberapa hal di atas maka peneliti menurunkan nilai panjang serat untuk penelitian ini, hingga digunakan panjang serat ijuk 0,75 cm.



*Handwritten signature*  
Samsudin



Gambar 3.L. Foto pengujian tegangan tarik serat ijuk yang gagal dengan alat Shimadzu UMH-30 , walau dilakukan dalam skala dial terkecil.

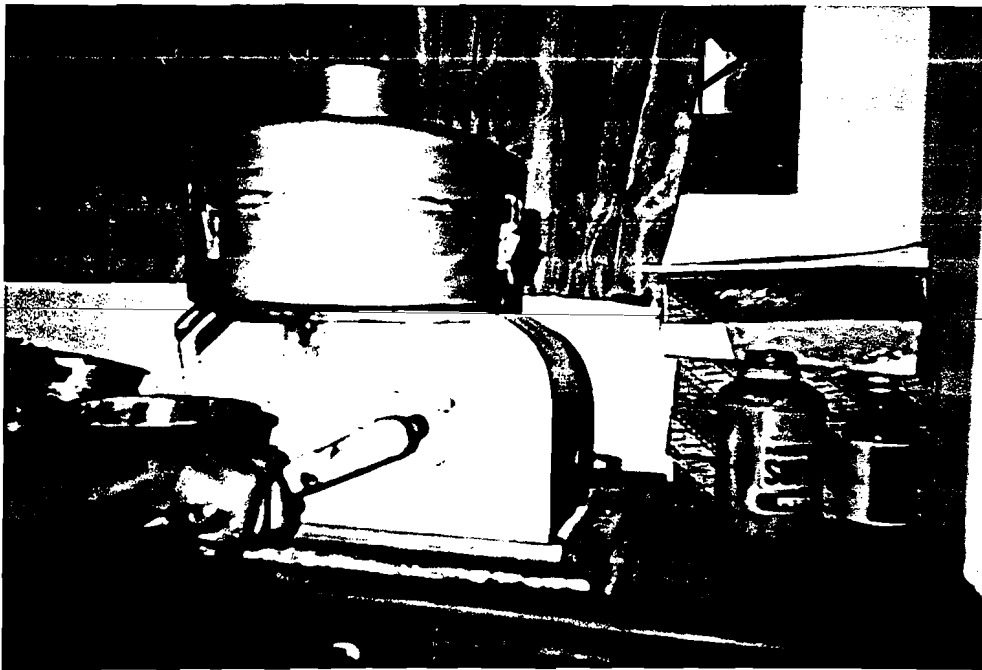


Gambar 4.L. Foto Pengujian tegangan tarik serat ijuk dengan cara manual, yang menunjukkan hasil di luar dugaan (lihat lampiran 1 ).

*[Handwritten signature]*  
UNIVERSITAS ISLAM Negeri  
FTSP  
LAE. JALAN DUA  
SUCI KARTI



Gambar 1.L. Foto briket sampel berserat ijuk dengan panjang 1 cm dan 2 cm , yang diamati perilaku seratnya terhadap proses pembuatan briket.



Gambar 2.L. Foto proses pengestraksian briket sampel berserat ijuk 1 cm dan 2 cm, guna diamati perilaku dan ketahanan serat ijuknya.





Tugas akhir : Pengaruh Serat Ijuk Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran HRS  
Yang Menggunakan Gradasi Tengah  
Penyusun : Yudi (90 310 138) & M. Jazir Alkas (90 310 018)  
Pembimbing : Ir. H. Bachnas, Msc & Ir. Subarkah, MT  
Laboratorium : Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan  
Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

## Pemeriksaan Keausan Agregat (Abration Test)

Jenis Gradasi		Benda Uji	
Nomor saringan			
Lolos	Tertahan	I	II
72,2 mm (3")	63,5 mm (2,5")		
63,5 mm (2,5")	50,8 mm (2,0")		
50,8 mm (2,0")	37,5 mm (1,5")		
37,5 mm (1,5")	25,4 mm (1,0")		
25,4 mm (1,0")	19,0 mm (3/4")		
19,0 mm (3/4")	12,5 mm (1/2")	2500 gr	
12,5 mm (1/2")	9,5 mm (3/8")	2500 gr	
9,5 mm (3/8")	6,3 mm (1/4")		
6,3 mm (1/4")	4,75 mm (no. 4)		
4,75 mm (no. 4)	2,36 mm (no. 8)		
Jumlah Benda Uji (A)		5000 gr	
Jumlah Tertahan Di Sieve No. 12		3297 gr	
Keausan = $\frac{(A - B)}{A} \cdot 100 \%$		34,06 %	

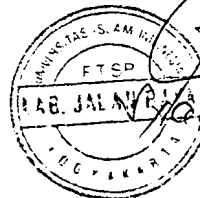




Tugas akhir : Pengaruh Serat Ijuk Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran HRS  
Yang Menggunakan Gradasi Tengah  
Penyusun : Yudi (90 310 138) & M. Jazir Alkas (90 310 018)  
Pembimbing : Ir. H. Bachnas, Msc & Ir. Subarkah, MT  
Laboratorium : Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan  
Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

## Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar

Keterangan	Benda uji
Berat benda uji dalam keadaan basah jenuh (SSD) (BJ)	1525 gr
Berat benda uji dalam air (BA)	949,1 gr
Berat kering oven (BK)	1494,5 gr
Berat jenis (Bulk) = $\frac{BK}{(BJ - BA)}$	2,595 gr/cc
Berat Jenis SSD = $\frac{BJ}{(BJ - BA)}$	2,648 gr/cc
Berat Jenis Semu = $\frac{BK}{(BK - BA)}$	2,7402 gr/cc
Penyerapan = $\frac{(BJ - BK)}{BK} * 100 \%$	2,041 %





Tugas akhir : Pengaruh Serat Ijuk Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran HRS  
Yang Menggunakan Gradasi Tengah  
Penyusun : Yudi (90 310 138) & M. Jazir Alkas (90 310 018)  
Pembimbing : Ir. H. Bachnas, Msc & Ir. Subarkah, MT  
Laboratorium : Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan  
Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

## Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus

Keterangan	Benda uji
Berat benda uji dalam keadaan basah jenuh (SSD)	500 gr
Berat vicnometer + air (B)	680 gr
Berat vicnometer + air + Benda uji (BT)	995,6 gr
Berat kering oven (BK)	497 gr
Berat jenis = $\frac{BK}{(B + 500 - BT)}$	2,695 gr/cc
Berat Jenis SSD = $\frac{500}{(B + 500 - BT)}$	2,711 gr/cc
Berat Jenis Semu = $\frac{BK}{(B + BK - BT)}$	2,739 gr/cc
Penyerapan = $\frac{(500 - BK)}{BK} * 100 \%$	0,604 %

## Keterangan :

Untuk mencari nilai berat jenis agregat campuran antara fraksi halus dan kasar digunakan rumus dan perhitungan berikut ini :

$$BJ \text{ agregat total} = \frac{(\% FA * BJ \text{ agregat halus}) + (\% CA * BJ \text{ agregat kasar})}{100 \%}$$

Jadi apabila mengacu pada perhitungan gradasi maka terlihat % FA adalah 55 % dan % CA adalah 45 % hingga nilai BJ agregat total adalah :

$$BJ \text{ agregat total} = \frac{(55 \% * 2,695) + (45 \% * 2,595)}{100 \%} = 2,65 \text{ gr/cc}$$



*Handwritten signature*



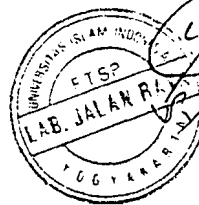


Tugas akhir : Pengaruh Serat Ijuk Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran HRS  
Yang Menggunakan Gradasi Tengah  
Penyusun : Yudi (90 310 138) & M. Jazir Alkas (90 310 018)  
Pembimbing : Ir. H. Bachnas, Msc & Ir. Subarkah, MT  
Laboratorium : Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan  
Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

## Pemeriksaan Sand Equivalent

Trial number		1	2
Seaking (10,1 min)	Start	10 : 15	10 : 15
	Stop	10 : 24	10 : 24
Sedimentation Time (20 Min - 15 Sec)	Start	10 : 24	10 : 24
	Stop	10 : 44	10 : 44
Clay Reading		5,25	5,20
Sand Reading		4,10	3,90
$SE = \frac{\text{Sand Reading}}{\text{Clay Reading}} * 100 \%$		78 %	75 %
Average Sand Equivalent		22 %	25 %

Catatan :





Tugas akhir : Pengaruh Serat Ijuk Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran HRS  
Yang Menggunakan Gradasi Tengah  
Penyusun : Yudi (90 310 138) & M. Jazir Alkas (90 310 018)  
Pembimbing : Ir. H. Bachnas, Msc & Ir. Subarkah, MT  
Laboratorium : Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan  
Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

### Hasil Pengamatan Penetrasi Aspal

No.	Cawan I	Cawan II	Sketsa Hasil Pemeriksaan
1.	63	62	
2.	65	65	
3.	62	64	
4.	63	62	
5.	64	63	
	Rerata 63,4	Rerata 63,2	
	Rerata Total 63,3		

### Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Aspal

No.	Urutan Pemeriksaan	Berat
1.	Berat Vicnometer Kosong	28,4 gram
2.	Berat Vicnometer + Aquadest	78,2 gram
3.	Berat Air (2 - 1)	49,8 gram
4.	Berat Vicnometer + Aspal	31,1 gram
5.	Berat Aspal (4 - 1)	2,7 gram
6.	Berat Vicnometer + Aspal + Aquadest	78,3 gram
7.	Berat Air Saja (6 - 4)	47,2 gram
8.	Volume Aspal (3 - 7)	2,6 gram
9.	Berat Jenis Aspal (5/8)	1,038 gram/cc





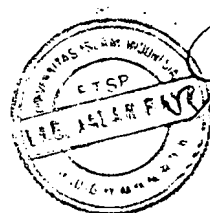
Tugas akhir : Pengaruh Serat Ijuk Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran HRS  
Yang Menggunakan Gradasi Tengah  
Penyusun : Yudi ( 90 310 138 ) & M. Jazir Alkas ( 90 310 018 )  
Pembimbing : Ir. H. Bachnas , Msc & Ir. Subarkah , MT  
Laboratorium : Laboratorium Jalan Raya , Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan  
Universitas Islam Indonesia , Yogyakarta

### Hasil Pengamatan Titik Lembek Aspal

No.	Suhu yang diamati	Waktu dalam detik		Titik Lembek	
		I	II	I	II
1	5	0			
2	10	60			
3	15	120			
4	20	157			
5	25	232			
6	30	295		53 C	54 C
7	35	370			
8	40	427			
9	45	473			
10	50	542			
11	55	569			
				Rerata : 53,5 C	

### Hasil Pengamatan Titik Nyala Dan Titik Bakar Aspal

Cawan	Titik Nyala	Titik Bakar
I	340 C	365 C
II		
Rerata	340 C	365 C



*Handwritten signature:* Jazir Alkas



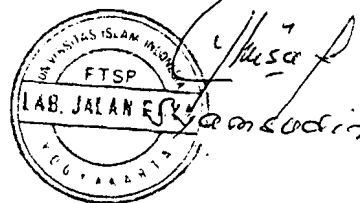
Tugas akhir : Pengaruh Serat Ijuk Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran HRS  
Yang Menggunakan Gradasi Tengah  
Penyusun : Yudi (90 310 138) & M. Jazir Alkas (90 310 018)  
Pembimbing : Ir. H. Bachnas, Msc & Ir. Subarkah, MT  
Laboratorium : Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan  
Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

#### Pemeriksaan Daktilitas (Ductility) / Residue

Daktilitas pada suhu 25 C 5 cm/ menit	Pembacaan pengukuran pada alat
Pengamatan I	118,5 cm
Pengamatan II	122,5 cm
Rerata (I + II)	120,5 cm

#### Hasil Pengamatan Kelekatan Aspal Terhadap Batuan

Benda Uji	Prosen yang diselimuti aspal
I	98 %
II	96 %
Rerata	97 %

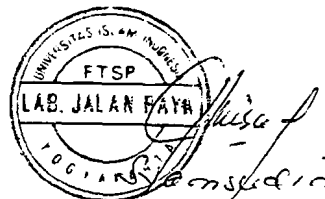




Tugas akhir : Pengaruh Serat Ijuk Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran HRS  
Yang Menggunakan Gradasi Tengah  
Penyusun : Yudi (90 310 138) & M. Jazir Alkas (90 310 018)  
Pembimbing : Ir. H. Bachmas, Msc & Ir. Subarkah, MT  
Laboratorium : Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan  
Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

#### Hasil Pemeriksaan Kelarutan Dalam CCl<sub>4</sub> (Solubility)

No.	Urutan Pemeriksaan	Hasil
1.	Berat Botol Elemeyer Kosong	73,215 gram
2.	Berat Botol Elemeyer + Aspal	76,165 gram
3.	Berat Aspal (2 - 1)	2,95 gram
4.	Berat Kertas Saringan Bersih	0,55 gram
5.	Berat Kertas Saringan + Endapan	0,579 gram
6.	Berat Endapan (5 - 4)	0,029 gram
7.	Prosentase Endapan ( $((6/3) * 100 \%)$ )	0,983 %
8.	Bitumen Yang Larut (100 % - 7)	99,017 %



Asal material : PT. Perwita Karya Yogyakarta  
 Jenis Campuran : Hot Rolled Sheet B ( 0 % serat Ijuk )  
 Di kerjakan Oleh : 1. Yudi 2. M. Jazir Alkas

Tanggal : 28 Oktober 1996  
 Diperiksa Oleh : Ir. Subarkah, MT

### HASIL PEMERIKSAAN MARSHALL TEST

Sample	t (mm)	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	QM	Bj agr. mod.
A11	62.888	6.72	6.3	1189	1190	674	516	2.3043	2.414	13.9854	81.4753	4.5393037	18.525	75.496	4.539	244	879	892.185	3.81	234.169	2.65
A12	65.452	6.72	6.3	1195	1203	684	519	2.3025	2.414	13.9747	81.4131	4.6121649	18.587	75.186	4.612	298	1069	984.7528	4.064	242.314	2.65
B11	62.518	7.18	6.7	1175	1176	665	511	2.2994	2.4	14.8421	80.9567	4.2012433	19.043	77.938	4.201	253	911	933.775	4.064	229.767	2.65
B12	64.419	7.18	6.7	1181	1186	672	514	2.2977	2.4	14.8308	80.8952	4.2740501	19.105	77.628	4.274	334	1195	1133.577	4.064	278.931	2.65
C11	62.553	7.64	7.1	1160	1163	656	507	2.2880	2.387	15.6499	80.2084	4.1417164	19.792	79.073	4.142	294	1055	1080.32	4.318	250.19	2.65
C12	64.622	7.64	7.1	1180	1190	674	516	2.2868	2.387	15.642	80.1682	4.1897609	19.832	78.874	4.19	331	1184	1116.559	4.064	274.744	2.65
D11	62.202	8.11	7.5	1173	1175	660	515	2.2777	2.374	16.4572	79.5036	4.0392754	20.496	80.293	4.039	311	1114	1149.648	3.556	323.298	2.65
D12	64.253	8.11	7.5	1181	1191	674	517	2.2843	2.374	16.5053	79.7361	3.758565	20.264	81.452	3.759	432	1539	1466.821	4.572	320.827	2.65
E11	63.553	8.7	8	1188	1189	666	523	2.2715	2.357	17.5068	78.86	3.6331875	21.14	82.814	3.633	281	1009	1004.964	3.302	304.35	2.65
E12	64.598	8.7	8	1190	1198	675	523	2.2753	2.357	17.5363	78.9927	3.4709538	21.007	83.477	3.471	377	1346	1270.207	4.572	277.823	2.65

Tabel Rerata Parameter-Parameter Marshall

Sample	BJ rerata	VITM rerata	VFWA rerata	Stabilitas rerata	Flow rerata	QM rerata
A1	2.303	4.576	75.341	938.474	3.937	238.2415
B1	2.299	4.238	77.783	1033.6760	4.064	254.3494
C1	2.287	4.166	78.973	1093.440	4.191	262.4669
D1	2.281	3.899	80.872	1308.234	4.318	301.8564
E1	2.273	3.552	83.146	1137.585	4.445	255.2807

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

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

r = Flow(kelelahan plastis)  
 QM = QuOtient Marshall  
 Suhu pencampuran = +160C  
 Suhu pemadatan = + 110 C  
 Suhu waterbath = + 60 C  
 B.J Aspal = 1,038  
 B.J Agregat = 2,65

Diperiksa Oleh :

Tanda tangan  
 LAB JALAN RAYA

Asal material : PT. Perwita Karya Yogyakarta  
 Jenis Campuran : Hot Rolled Sheet B ( 0.5 % serat Ijuk )  
 Di kerjakan Oleh : 1. Yudi 2. M. Jazir Alkas

Tanggal : 28 Oktober 1996  
 Diperiksa Oleh : Ir. Subarkah, MT

### HASIL PEMERIKSAAN MARSHALL TEST

Sample	t (mm)	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	QM	Bj agr. mod.
A21	64.204	6.72	6.3	1196	1202	691	511	2.3405	2.407	14.2054	83.0183	2.7763433	16.982	83.651	2.776	1126	3972	5789.288	2.286	1657.61	2.641656
A22	64.237	6.72	6.3	1189	1190	677	513	2.3177	2.407	14.0672	82.2106	3.7221992	17.789	79.076	3.722	1150	4056	3869.424	2.54	1523.4	2.641656
E21	63.087	7.18	6.7	1181	1185	680	505	2.3386	2.394	15.0951	82.598	2.3068775	17.402	86.744	2.307	811	2862	2890.62	3.302	875.415	2.641621
B22	62.32	7.18	6.7	1178	1182	673	509	2.3143	2.394	14.9384	81.7408	3.3208152	18.259	81.813	3.321	891	3148	3240.866	3.556	911.38	2.641621
C21	62.939	7.64	7.1	1177	1184	678	506	2.3261	2.38	15.9106	81.8045	2.2848784	18.195	87.443	2.285	789	2791	2830.074	4.318	655.413	2.641534
C22	63.404	7.64	7.1	1181	1188	677	511	2.3112	2.38	15.8085	81.2794	2.9121624	18.721	84.444	2.912	856	3025	3032.26	4.318	702.237	2.641584
D21	63.486	8.11	7.5	1173	1176	669	507	2.3136	2.367	16.7168	81.0165	2.2667056	18.984	88.06	2.267	566	2008	2010.61	3.556	565.413	2.641548
D22	64.556	8.11	7.5	1190	1195	679	516	2.3062	2.367	16.6633	80.7571	2.5796366	19.243	86.594	2.58	657	2328	2199.494	3.81	577.295	2.641548
E21	64.5	8.7	8	1191	1192	674	513	2.2992	2.351	17.7204	80.079	2.2005095	19.921	88.954	2.201	441	1570	1485.22	3.048	487.277	2.641502
E22	63.457	8.7	8	1179	1182	669	513	2.2982	2.351	17.7129	80.0448	2.2422876	19.955	88.763	2.242	543	1928	1929.928	3.556	542.724	2.641502

Tabel Rerata Parameter-Parameter Marshall

Sample	BJ rerata	VITM rerata	VFWA rerata	Stabilitas rerata	Flow rerata	QM rerata
A2	2.33	3.249	81.364	3829.356	2.413	1590.501
B2	2.33	2.814	84.278	3065.743	3.429	893.3973
C2	2.32	2.599	85.943	2931.167	4.318	678.8251
D2	2.31	2.423	87.327	2105.052	3.683	571.3543
E2	2.3	2.221	88.859	1707.574	3.302	515.0007

t = Tebal Benda Uji

a = % Aspal terhadap batuan

b = % Aspal terhadap Campuran

c = Berat kering (sebelum direndam)

d = Berat basah jenuh (SSD)

e = Berat didalam air

f = Volume (isi) d-e

g = Berat isi c/f

h = B.J Maksimum (100 : (% Agr/Bj Agr Mod. + % Asp/Bj Asp)

i = (b x g) : Bj Asp

j = (100 - b) x g : Bj Agr. Mod.

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

l = Rongga terhadap agregat (100 - j)

m = % Rongga yang terisi aspal (VFWA) 100 x (i/l)

n = % Rongga dalam campuran 100 - {100 x (g/h)}

o = Pembacaan arloji stabilitas

p = o x kalibrasi proving ring

q = p x koreksi tebal benda uji (stabilitas)

r = Flow(kelelahan plastis)

QM = Quotient Marshall

Suhu pencampuran = +160C

Suhu pemadatan = + 110 C

Suhu waterbath = + 60 C

B.J Aspal = 1,038

B.J Agregat = 2,65

Diperiksa Oleh

Tanda tangan

Asal material : PT. Perwita Karya Yogyakarta  
 Jenis Campuran : Hot Rolled Sheet B ( 1.0 % serat Ijuk )  
 Di kerjakan Oleh : 1. Yudi 2. M. Jazir Alkas

Tanggal : 28 Oktober 1996  
 Diperiksa Oleh : Ir. Subarkah, MT

### HASIL PEMERIKSAAN MARSHALL TEST

Sample	t (mm)	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	QM	Bj agr. mod.
A31	64.113	6.72	6.3	1190	1200	683	517	2.3017	2.401	13.9701	81.9018	4.1280818	18.098	77.191	4.128	1005	3548	3395.146	2.54	1336.67	2.633313
A32	62.567	6.72	6.3	1177	1184	680	504	2.3353	2.401	14.1739	83.0966	2.7295501	16.903	83.852	2.73	1075	3793	3881.472	3.302	1175.49	2.633313
B31	64.337	7.18	6.7	1178	1190	676	514	2.2918	2.387	14.7931	81.2032	4.0036737	18.797	78.7	4.004	892	3151	2995.999	2.794	1072.3	2.633241
B32	63.168	7.18	6.7	1181	1185	678	507	2.3294	2.387	15.0356	82.534	2.4304325	17.466	86.085	2.43	876	3089	3114.639	3.556	875.883	2.633241
C31	63.667	7.64	7.1	1181	1185	669	516	2.2888	2.374	15.6553	80.749	3.5957029	19.251	81.322	3.596	800	2829	2678.045	3.048	878.624	2.633169
C32	63.361	7.64	7.1	1184	1187	676	511	2.3170	2.374	15.8486	81.7462	2.405128	18.254	86.824	2.405	875	3092	3102.745	3.81	814.369	2.633169
D31	64.25	8.11	7.5	1193	1195	672	523	2.2811	2.361	16.4817	80.1334	3.3848336	19.867	82.962	3.385	709	2510	2392.486	3.302	724.557	2.633096
D32	65.55	8.11	7.5	1216	1217	691	526	2.3118	2.361	16.7037	81.2125	2.083838	18.788	88.908	2.084	660	2338	2148.037	3.81	563.789	2.633096
E31	63.6	8.7	8	1192	1196	673	523	2.2792	2.345	17.5658	79.6363	2.7979662	20.364	86.26	2.798	575	2040	2023.68	3.556	569.089	2.633004
E32	64.15	8.7	8	1191	1194	676	518	2.2992	2.345	17.7204	80.3375	1.942055	19.663	90.123	1.942	497	1767	1689.091	4.064	415.623	2.633004

Tabel Rerata Parameter-Parameter Marshall

Sample	BJ. rerata	VITM rerata	VFWA rerata	Stabilitas rerata	Flow rerata	QM rerata
A3	2.32	3.429	80.521	3638.309	2.921	1256.081
B3	2.31	3.217	82.393	3055.319	3.175	974.0901
C3	2.3	3.000	84.073	2890.395	3.429	846.4962
D3	2.3	2.734	85.935	2270.2615	3.556	844.1729
E3	2.29	2.370	88.192	1856.3855	3.81	492.3558

t = Tebal Benda Uji

a = % Aspal terhadap batuan

b = % Aspal terhadap Campuran

c = Berat kering (sebelum direndam)

d = Berat basah jenuh (SSD)

e = Berat didalam air

f = Volume (isi) d-e

g = Berat isi c/f

h = B.J Maksimum { 100 : (% Agr/Bj Agr Mod. + % Asp/Bj. Asp)

i = (b x g) : Bj Asp

j = (100 - b) x g : Bj Agr. Mod

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

l = Rongga terhadap agregat (100 - j)

m = % Rongga yang terisi aspal (VFWA) 100 x (i/l)

n = % Rongga dalam campuran 100 - { 100 x (g/h) }

o = Pembacaan arloji stabilitas

p = o x kalibrasi proving ring

q = p x koreksi tebal benda uji (stabilitas)

r = Flow(kelelahan plastis)

QM = Quotient Marshall

Suhu pencampuran = +160C

Suhu pemadatan = + 110 C

Suhu waterbath = + 60 C

B.J Aspal = 1,038

B.J Agregat = 2,65

Diperiksa Oleh

Tanda tangan  
  
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
 FTSP  
 LAB. JALAN P...



Asal material : PT. Perwita Karya Yogyakarta  
 Jenis Campuran : Hot Rolled Sheet B ( 1.5 % serat Ijuk )  
 Di kerjakan Oleh : 1. Yudi 2. M. Jazir Alkas

Tanggal : 28 Oktober 1996  
 Diperiksa Oleh : Ir. Subarkah, MT

### HASIL PEMERIKSAAN MARSHALL TEST

Sample	t (mm)	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	QM	Bj agr. mod.
A41	65.093	6.72	6.3	1190	1199	679	520	2.2885	2.394	13.8895	81.6881	4.4223494	18.312	75.85	4.422	818	2892	2690.112	2.794	962.817	2.624969
A42	63.911	6.72	6.3	1191	1194	672	522	2.2816	2.394	13.8479	81.4435	4.7085376	18.556	74.626	4.709	920	3249	3142.173	3.048	1030.9	2.624969
B41	63.627	7.18	6.7	1180	1186	670	516	2.2868	2.381	14.7608	81.2845	3.9547544	18.716	78.869	3.955	740	2619	2592.391	3.302	785.097	2.624862
B42	63.577	7.18	6.7	1176	1184	668	516	2.2791	2.381	14.7108	81.0089	4.2803315	18.991	77.461	4.28	867	3064	3050.028	3.302	923.691	2.624862
C41	63.523	7.64	7.1	1179	1185	668	517	2.2805	2.368	15.5986	80.7143	3.6871396	19.286	80.881	3.687	668	2366	2361.599	3.556	664.117	2.624753
C42	64.275	7.64	7.1	1180	1186	667	519	2.2736	2.368	15.5516	80.4715	3.9769119	19.529	79.635	3.977	780	2759	2627.947	3.556	739.018	2.624753
D41	65.353	8.11	7.5	1178	1186	667	519	2.2697	2.355	16.3999	79.9925	3.6075775	20.008	81.969	3.608	666	2359	2341.001	3.81	614.436	2.624644
D42	63.5	8.11	7.5	1154	1156	648	508	2.2717	2.355	16.4137	80.0596	3.5267168	19.94	82.314	3.527	739	2615	2615	3.81	686.352	2.624644
E41	64.217	8.7	8	1180	1185	663	522	2.2605	2.339	17.4222	79.2413	3.3364533	20.759	83.927	3.336	661	2342	2234.459	4.064	549.818	2.624507
E42	64.535	8.7	8	1171	1182	666	516	2.2694	2.339	17.4904	79.5513	2.9582958	20.449	85.533	2.958	779	2755	2604.602	4.318	603.196	2.624507

Tabel Rerata Parameter-Parameter Marshall

Sample	BJ. rerata	VITM rerata	VFWA rerata	Stabilitas rerata	Flow rerata	QM rerata
A4	2.29	4.565	75.238	2916.143	2.921	998.8571
B4	2.28	4.118	78.165	2821.2095	3.218	875.4369
C4	2.28	3.832	80.258	2494.773	3.556	701.5672
D4	2.27	3.567	82.141	2478.0004	3.81	650.3938
E4	2.26	3.147	84.730	2419.531	4.191	576.507

t = Tebal Benda Uji

a = % Aspal terhadap batuan

b = % Aspal terhadap Campuran

c = Berat kering (sebelum direndam)

d = Berat basah jenuh (SSD)

e = Berat didalam air

f = Volume (isi) d-e

g = Berat isi c/f

h = B.J Maksimum { 100 : (% Agr/Bj Agr Mod. + % Asp/Bj. Asp)

i = (b x g) : Bj Asp

j = (100 - b) x g : Bj Agr. Mod.

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

l = Rongga terhadap agregat (100 - j)

m = % Rongga yang terisi aspal (VFWA) 100 x (i/l)

n = % Rongga dalam campuran 100 - { 100 x (g/h) }

o = Pembacaan arloji stabilitas

p = o x kalibrasi proving ring

q = p x koreksi tebal benda uji (stabilitas)

r = Flow(kelelahan plastis)

QM = Quotient Marshall

Suhu pencampuran = +160 C

Suhu pemadatan = + 110 C

Suhu waterbath = + 60 C

B.J Aspal = 1,038

B.J Agregat = 2,65

Diperiksa Oleh

Tanda Tangan



Asal material : PT. Perwita Karya Yogyakarta  
 Jenis Campuran : Hot Rolled Sheet B ( 2.0 % serat Ijuk )  
 Di kerjakan Oleh : 1. Yudi 2. M. Jazir Alkas

Tanggal : 28 Oktober 1996  
 Diperiksa Oleh : Ir. Subarkah, MT

### HASIL PEMERIKSAAN MARSHALL TEST

Sample	t (mm)	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	QM	Bj agr. mod.
A51	65.453	6.72	6.3	1182	1184	672	512	2.3086	2.388	14.0117	82.6696	3.318745	17.33	80.85	3.319	650	2303	2121.466	4.318	491.308	2.616625
A52	66.082	6.72	6.3	1199	1202	682	520	2.3058	2.388	13.9946	82.5684	3.4370326	17.432	80.283	3.437	825	2916	2640.292	4.826	547.097	2.616625
B51	64.617	7.18	6.7	1187	1193	676	517	2.2959	2.375	14.8196	81.8699	3.3104971	18.13	81.74	3.31	740	2619	2470.169	4.572	540.282	2.616482
B52	64.7	7.18	6.7	1196	1200	679	521	2.2956	2.375	14.8174	81.8573	3.3253501	18.143	81.671	3.325	849	3001	2823.668	5.08	555.84	2.616482
C51	65.414	7.64	7.1	1206	1210	682	528	2.2841	2.361	15.6234	81.1027	3.2739538	18.897	82.675	3.274	833	2944	2714.809	4.572	593.79	2.616338
C52	65.993	7.64	7.1	1198	1203	679	524	2.2863	2.361	15.6382	81.1797	3.1821171	18.82	83.092	3.182	775	2741	2487.937	4.826	515.528	2.616338
D51	66.135	8.11	7.5	1177	1190	672	518	2.2722	2.348	16.4176	80.3376	3.2447701	19.662	83.498	3.245	754	2668	2400.199	5.08	472.48	2.616192
D52	65.501	8.11	7.5	1192	1197	674	523	2.2792	2.348	16.4679	80.5836	2.9484865	19.416	84.814	2.948	735	2601	2392.855	4.318	554.158	2.616192
E51	63.911	8.7	8	1176	1185	665	520	2.2615	2.332	17.43	79.534	3.0360775	20.466	85.165	3.036	655	2321	2244.686	4.572	490.964	2.616009
E52	64.89	8.7	8	1174	1184	666	518	2.2664	2.332	17.4675	79.7053	2.8272408	20.295	86.069	2.827	646	2289	2141.879	4.318	496.035	2.616009

Tabel Rerata Parameter-Parameter Marshall

Sample	BJ rerata	VITM rerata	VFWA rerata	Stabilitas rerata	Flow rerata	QM rerata
A5	2.31	3.378	80.567	2380.879	4.572	519.2025
B5	2.3	3.318	81.706	2646.9185	4.826	548.061
C5	2.29	3.228	82.884	2601.373	4.699	554.659
D5	2.28	3.097	84.156	2396.527	4.699	524.2582
E5	2.26	2.932	85.617	2193.283	4.445	493.4993

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

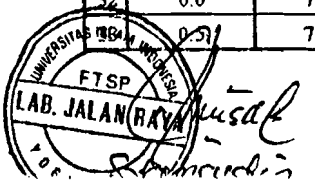
i = (b x g) : Bj Asp  
 j = (100 - b) x g : Bj Agr. Mod.  
 k = Jumlah kandungan rongga (100-i-j)  
 l = Rongga terhadap agregat (100 - j)  
 m = % Rongga yang terisi aspal (VFWA)  $100 \times (i/l)$   
 n = % Rongga dalam campuran  $100 - (100 \times (g/h))$   
 o = Pembacaan arloji stabilitas  
 p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

r = Flow(kelelahan plastis)  
 QM = Quotient Marshall  
 Suhu pencampuran = +160 C  
 Suhu pemadatan = + 110 C  
 Suhu waterbath = + 60 C  
 B.J Aspal = 1,038  
 B.J Agregat = 2,65

Diperiksa Oleh  
 Tanda tangan  

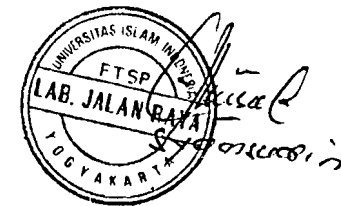

Tabel 6.10. Hubungan kadar serat ijuk, kadar aspal dan modulus kekakuan campuran (Smix) dengan metoda Heukelom dan Klomp

No.	K. s ijuk (%)	K. aspal (%)	Na (gr)	Ma (%)	Mb (%)	bj. agr. mod (gr/cc)	max (gr/cc)	m (gr/cc)	Vv (%)	Vb (%)	Vg (%)	Cv	Cv'	Cb	n	Smix (10 N/m)	Smix rerata
1	0.0	6.3	75.6	93.7	6.3	2.65	2.414	2.3043	4.5443	13.985	81.471	0.853495572	0.84051529	0.14650443	3.8197	299.4322241	297.41047
2	0.0	6.3	75.6	93.7	6.3	2.65	2.414	2.3025	4.6189	13.974	81.407	0.853495572	0.83989854	0.14650443	3.8197	295.3887216	
3	0.5	6.3	75.6	93.7	6.3	2.641656	2.407	2.3405	2.7628	14.207	83.03	0.853889467	0.85591992	0.14611053	3.8197	408.0872532	380.90471
4	0.5	6.3	75.6	93.7	6.3	2.641656	2.407	2.3177	3.71	14.069	82.221	0.853889467	0.84786949	0.14611053	3.8197	353.7231676	
5	1.0	6.3	75.6	93.7	6.3	2.633313	2.401	2.3017	4.1358	13.969	81.895	0.854283679	0.84468989	0.14571632	3.8197	328.7938689	370.40502
6	1.0	6.3	75.6	93.7	6.3	2.633313	2.401	2.3353	2.7364	14.173	83.091	0.854283679	0.85654187	0.14571632	3.8197	412.0161761	
7	1.5	6.3	75.6	93.7	6.3	2.624969	2.354	2.2885	4.4069	13.892	81.701	0.854678302	0.84282107	0.1453217	3.8197	315.2054584	307.04496
8	1.5	6.3	75.6	93.7	6.3	2.624969	2.354	2.2816	4.6951	13.85	81.455	0.854678302	0.84043238	0.1453217	3.8197	298.8844664	
9	2.0	6.3	75.6	93.7	6.3	2.616625	2.388	2.3086	3.325	14.011	82.664	0.85507329	0.85230366	0.14492671	3.8197	392.7662963	388.15055
10	2.0	6.3	75.6	93.7	6.3	2.616625	2.388	2.3058	3.4422	13.994	82.564	0.85507329	0.85130871	0.14492671	3.8197	383.5348098	
11	0.0	6.7	80.4	93.3	6.7	2.65	2.4	2.2994	4.1917	14.844	80.965	0.845070349	0.83511852	0.15492965	3.8197	266.3460807	264.70155
12	0.0	6.7	80.4	93.3	6.7	2.65	2.4	2.2977	4.2625	14.833	80.905	0.845070349	0.83453435	0.15492965	3.8197	263.0570261	
13	0.5	6.7	80.4	93.3	6.7	2.641621	2.394	2.3386	2.3141	15.094	82.592	0.845484526	0.8513236	0.15451547	3.8197	334.8033685	324.61468
14	0.5	6.7	80.4	93.3	6.7	2.641621	2.394	2.3143	3.3292	14.937	81.734	0.845484526	0.84271069	0.15451547	3.8197	314.4259964	
15	1.0	6.7	80.4	93.3	6.7	2.633241	2.337	2.2918	3.9883	14.795	81.216	0.84589916	0.8376212	0.15410084	3.8197	281.061633	309.52881
16	1.0	6.7	80.4	93.3	6.7	2.633241	2.337	2.3294	2.4131	15.038	82.549	0.84589916	0.8508933	0.15410084	3.8197	337.955995	
17	1.5	6.7	80.4	93.3	6.7	2.624862	2.331	2.2868	3.9563	14.761	81.283	0.84631415	0.83829734	0.15368585	3.8197	285.2187102	277.21736
18	1.5	6.7	80.4	93.3	6.7	2.624862	2.331	2.2791	4.2797	14.711	81.009	0.84631415	0.83562059	0.15368585	3.8197	269.2160056	
19	2.0	6.7	80.4	93.3	6.7	2.616482	2.375	2.2959	3.3305	14.817	81.853	0.846729598	0.84394015	0.1532704	3.8197	323.2523592	322.86468
20	2.0	6.7	80.4	93.3	6.7	2.616482	2.375	2.2956	3.3432	14.815	81.842	0.846729598	0.84383391	0.1532704	3.8197	322.4770038	
21	0.0	7.1	85.2	92.9	7.1	2.65	2.387	2.288	4.1475	15.649	80.204	0.836739404	0.82724703	0.1632606	3.8197	226.1582468	225.22173
22	0.0	7.1	85.2	92.9	7.1	2.65	2.387	2.2868	4.1977	15.641	80.162	0.836739404	0.82683608	0.1632606	3.8197	224.2852197	
23	0.5	7.1	85.2	92.9	7.1	2.641584	2.38	2.3261	2.2647	15.914	81.821	0.837173471	0.84337476	0.16282653	3.8197	278.3523448	278.35234
24	0.5	7.1	85.2	92.9	7.1	2.641584	2.38	2.3112	2.8908	15.812	81.297	0.837173471	0.83808903	0.16282653	3.8197	278.3523448	
25	1.0	7.1	85.2	92.9	7.1	2.633169	2.374	2.2888	3.5889	15.656	80.755	0.837607937	0.83270431	0.16239206	3.8197	253.0910104	267.03594
26	1.0	7.1	85.2	92.9	7.1	2.633169	2.374	2.317	2.401	15.849	81.75	0.837607937	0.84265535	0.16239206	3.8197	280.9808698	
27	1.5	7.1	85.2	92.9	7.1	2.624753	2.368	2.2805	3.6951	15.597	80.708	0.838042906	0.83225787	0.16195709	3.8197	250.7349986	244.63872
28	1.5	7.1	85.2	92.9	7.1	2.624753	2.368	2.2736	3.9865	15.55	80.463	0.838042906	0.82985648	0.16195709	3.8197	238.5424493	
29	2.0	7.1	85.2	92.9	7.1	2.616338	2.361	2.2841	3.2571	15.626	81.117	0.838478275	0.83632812	0.16152173	3.8197	273.3293584	275.63863
30	2.0	7.1	85.2	92.9	7.1	2.616338	2.361	2.2863	3.1639	15.641	81.195	0.838478275	0.83710614	0.16152173	3.8197	277.9478936	
31	0.0	7.5	90	92.5	7.5	2.65	2.374	2.2777	4.0564	16.454	79.489	0.828501165	0.81984001	0.17149884	3.8197	195.2998979	199.70138
32	0.0	7.5	90	92.5	7.5	2.65	2.374	2.2843	3.7784	16.502	79.72	0.828501165	0.82210165	0.17149884	3.8197	204.1028658	
		7.5	90	92.5	7.5	2.641548	2.367	2.3136	2.256	16.719	81.025	0.82895459	0.83516807	0.17104541	3.8197	234.1639817	234.16398



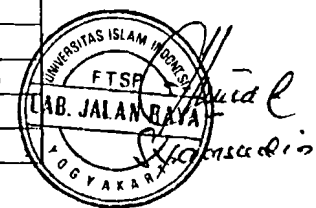
Tabel 6.10. Hubungan kadar serat ijuk, kadar aspal dan modulus kekakuan campuran ( Smix ) dengan metoda Heukelom dan Klomp

No	K.s ijuk (%)	K. aspal (%)	Na (gr)	Ma (%)	Mb (%)	bj. agr. mod (gr/cc)	max (gr/cc)	m (gr/cc)	V <sub>a</sub> (%)	V <sub>b</sub> (%)	V <sub>g</sub> (%)	C <sub>v</sub>	C <sub>v</sub> '	C <sub>b</sub>	n	Smix (10 N/m)	Smix rerata
34	0.5	7.5	90	92.5	7.5	2.641548	2.367	2.3062	2.5687	16.665	80.766	0.82895459	0.83254576	0.17104541	3.8197	234.1639817	
35	1.0	7.5	90	92.5	7.5	2.633096	2.361	2.2811	3.3842	16.482	80.134	0.829408512	0.82623446	0.17059149	3.8197	221.5796516	228.96702
36	1.0	7.5	90	92.5	7.5	2.633096	2.361	2.3118	2.0839	16.704	81.212	0.829408512	0.83707729	0.17059149	3.8197	236.3543857	
37	1.5	7.5	90	92.5	7.5	2.624644	2.355	2.2697	3.6221	16.397	79.98	0.829862931	0.82473243	0.17013707	3.8197	215.0039655	216.51667
38	1.5	7.5	90	92.5	7.5	2.624644	2.355	2.2717	3.5372	16.412	80.051	0.829862931	0.8254291	0.17013707	3.8197	218.0243715	
39	2.0	7.5	90	92.5	7.5	2.616192	2.348	2.2722	3.2283	16.42	80.351	0.830317848	0.82842672	0.16968215	3.8197	231.6500389	236.23688
40	2.0	7.5	90	92.5	7.5	2.616192	2.348	2.2792	2.9302	16.471	80.599	0.830317848	0.8308982	0.16968215	3.8197	240.8237205	
41	0.0	8.0	96	92	8.0	2.65	2.357	2.2715	3.6275	17.508	78.865	0.818331391	0.81322844	0.18166861	3.8197	172.2634176	174.38972
42	0.0	8.0	96	92	8.0	2.65	2.357	2.2753	3.4663	17.537	78.997	0.818331391	0.81453346	0.18166861	3.8197	176.5160262	
43	0.5	8.0	96	92	8.0	2.641502	2.351	2.2992	2.2033	17.72	80.077	0.818808407	0.8253841	0.18119159	3.8197	191.4498602	191.44986
44	0.5	8.0	96	92	8.0	2.641502	2.351	2.2982	2.2459	17.712	80.042	0.818808407	0.82503035	0.18119159	3.8197	191.4498602	
45	1.0	8.0	96	92	8.0	2.633004	2.345	2.2792	2.806	17.564	79.63	0.81928598	0.82087873	0.18071402	3.8197	193.2197144	193.21971
46	1.0	8.0	96	92	8.0	2.633004	2.345	2.2992	1.9531	17.718	80.328	0.81928598	0.8279539	0.18071402	3.8197	193.2197144	
47	1.5	8.0	96	92	8.0	2.624507	2.339	2.2605	3.3561	17.419	79.225	0.819764053	0.81685495	0.18023595	3.8197	184.4279272	189.72046
48	1.5	8.0	96	92	8.0	2.624507	2.339	2.2694	2.9756	17.487	79.537	0.819764053	0.81996387	0.18023595	3.8197	195.0129837	
49	2.0	8.0	96	92	8.0	2.616009	2.332	2.2615	3.0232	17.432	79.545	0.820242742	0.82005285	0.17975726	3.8197	196.1068532	196.46867
50	2.0	8.0	96	92	8.0	2.616009	2.332	2.2664	2.813	17.47	79.717	0.820242742	0.82177917	0.17975726	3.8197	196.8304938	



Tabel 6.10. Hubungan kadar serat ijuk, kadar aspal dan modulus kekakuan campuran ( Smix ) dengan metoda Shell

No	K. s ijuk (%)	K. aspal (%)	Na (gr)	Ma (%)	Mb (%)	bj. agr. mod (gr/cc)	max (gr/cc)	m (gr/cc)	Vv (%)	Vb (%)	Vg (%)	Smix (10 N/m)	Smix rerata
1	0.0	6.3	75.6	93.7	6.3	2.65	2.414	2.3043	4.5443	13.985	81.471	1.6	1.6
2	0.0	6.3	75.6	93.7	6.3	2.65	2.414	2.302	4.6396	13.971	81.39	1.6	
3	0.5	6.3	75.6	93.7	6.3	2.641656	2.407	2.3405	2.7628	14.207	83.03	1.9	1.8
4	0.5	6.3	75.6	93.7	6.3	2.641656	2.407	2.3177	3.71	14.069	82.221	1.7	
5	1.0	6.3	75.6	93.7	6.3	2.633313	2.401	2.3017	4.1358	13.969	81.895	1.7	1.75
6	1.0	6.3	75.6	93.7	6.3	2.633313	2.401	2.3353	2.7364	14.173	83.091	1.8	
7	1.5	6.3	75.6	93.7	6.3	2.624969	2.394	2.2885	4.4069	13.892	81.701	1.5	1.45
8	1.5	6.3	75.6	93.7	6.3	2.624969	2.394	2.2816	4.6951	13.85	81.455	1.4	
9	2.0	6.3	75.6	93.7	6.3	2.616625	2.388	2.3086	3.325	14.011	82.664	1.7	1.7
10	2.0	6.3	75.6	93.7	6.3	2.616625	2.388	2.3058	3.4422	13.994	82.564	1.7	
11	0.0	6.7	80.4	93.3	6.7	2.65	2.4	2.2994	4.1917	14.844	80.965	1.4	1.4
12	0.0	6.7	80.4	93.3	6.7	2.65	2.4	2.2982	4.2417	14.836	80.923	1.4	
13	0.5	6.7	80.4	93.3	6.7	2.641621	2.394	2.3386	2.3141	15.094	82.592	1.8	1.7
14	0.5	6.7	80.4	93.3	6.7	2.641621	2.394	2.3143	3.3292	14.937	81.734	1.6	
15	1.0	6.7	80.4	93.3	6.7	2.633241	2.387	2.2918	3.9883	14.795	81.216	1.6	1.6
16	1.0	6.7	80.4	93.3	6.7	2.633241	2.387	2.3294	2.4131	15.038	82.549	1.6	
17	1.5	6.7	80.4	93.3	6.7	2.624862	2.381	2.2868	3.9563	14.761	81.283	1.6	1.5
18	1.5	6.7	80.4	93.3	6.7	2.624862	2.381	2.2791	4.2797	14.711	81.009	1.4	
19	2.0	6.7	80.4	93.3	6.7	2.616482	2.375	2.2959	3.3305	14.817	81.853	1.6	1.6
20	2.0	6.7	80.4	93.3	6.7	2.616482	2.375	2.2956	3.3432	14.815	81.842	1.6	
21	0.0	7.1	85.2	92.9	7.1	2.65	2.387	2.288	4.1475	15.649	80.204	1.3	1.3
22	0.0	7.1	85.2	92.9	7.1	2.65	2.387	2.2885	4.1265	15.652	80.221	1.3	
23	0.5	7.1	85.2	92.9	7.1	2.641584	2.38	2.3261	2.2647	15.914	81.821	1.5	1.45
24	0.5	7.1	85.2	92.9	7.1	2.641584	2.38	2.3112	2.8908	15.812	81.297	1.4	
25	1.0	7.1	85.2	92.9	7.1	2.633169	2.374	2.2888	3.5889	15.656	80.755	1.3	1.4
26	1.0	7.1	85.2	92.9	7.1	2.633169	2.374	2.317	2.401	15.849	81.75	1.5	
27	1.5	7.1	85.2	92.9	7.1	2.624753	2.368	2.2805	3.6951	15.597	80.708	1.3	1.3
28	1.5	7.1	85.2	92.9	7.1	2.624753	2.368	2.2736	3.9865	15.55	80.463	1.3	
29	2.0	7.1	85.2	92.9	7.1	2.616338	2.361	2.2841	3.2571	15.626	81.117	1.4	1.4
30	2.0	7.1	85.2	92.9	7.1	2.616338	2.361	2.2863	3.1639	15.641	81.195	1.4	
31	0.0	7.5	90	92.5	7.5	2.65	2.374	2.2777	4.0564	16.454	79.489	1.2	1.15
32	0.0	7.5	90	92.5	7.5	2.65	2.374	2.2843	3.7784	16.502	79.72	1.1	
33	0.5	7.5	90	92.5	7.5	2.641548	2.367	2.3136	2.256	16.719	81.025	1.3	1.3



**Tabel 6.10. Hubungan kadar serat ijuk, kadar aspal dan modulus kekakuan campuran ( Smix ) dengan metoda Shell**

No.	K. ijuk (%)	K. aspal (%)	Na (gr)	Ma (%)	Mb (%)	bj.agr.mod (gr/cc)	max (gr/cc)	m (gr/cc)	Vv (%)	Vb (%)	Vg (%)	Smix (10 N/m)	Smix rerata
34	0.5	7.5	90	92.5	7.5	2.641548	2.367	2.3062	2.5687	16.665	80.766	1.3	
35	1.0	7.5	90	92.5	7.5	2.633096	2.361	2.2811	3.3842	16.482	80.134	1.3	1.35
36	1.0	7.5	90	92.5	7.5	2.633096	2.361	2.3118	2.0839	16.704	81.212	1.4	
37	1.5	7.5	90	92.5	7.5	2.624644	2.355	2.2697	3.6221	16.397	79.98	1.2	1.2
38	1.5	7.5	90	92.5	7.5	2.624644	2.355	2.2717	3.5372	16.412	80.051	1.2	
39	2.0	7.5	90	92.5	7.5	2.616192	2.348	2.2722	3.2283	16.42	80.351	1.3	1.3
40	2.0	7.5	90	92.5	7.5	2.616192	2.348	2.2792	2.9302	16.471	80.599	1.3	
41	0.0	8.0	96	92	8.0	2.65	2.357	2.2715	3.6275	17.508	78.865	1.1	1.1
42	0.0	8.0	96	92	8.0	2.65	2.357	2.2757	3.4493	17.54	79.01	1.1	
43	0.5	8.0	96	92	8.0	2.641502	2.351	2.2992	2.2033	17.72	80.077	1.2	1.2
44	0.5	8.0	96	92	8.0	2.641502	2.351	2.2982	2.2459	17.712	80.042	1.2	
45	1.0	8.0	96	92	8.0	2.633004	2.345	2.2792	2.806	17.564	79.63	1.2	1.25
46	1.0	8.0	96	92	8.0	2.633004	2.345	2.2992	1.9531	17.718	80.328	1.3	
47	1.5	8.0	96	92	8.0	2.624507	2.339	2.2605	3.3561	17.419	79.225	1.2	1.2
48	1.5	8.0	96	92	8.0	2.624507	2.339	2.2694	2.9756	17.487	79.537	1.2	
49	2.0	8.0	96	92	8.0	2.616009	2.332	2.2615	3.0232	17.432	79.545	1.2	1.2
50	2.0	8.0	96	92	8.0	2.616009	2.332	2.2664	2.813	17.47	79.717	1.2	

