

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 :

100

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

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

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

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

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

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

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

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

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 :

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

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

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

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

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

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

dengan :

- σ_{fu} = tegangan tarik putus tiap serat (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
- τ = tegangan geser permukaan tiap serat (kg/cm^2)
- P_g = beban geser permukaan yang diberikan (kg)
- A = luas tampang satu serat ijuk (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 pengangkuran/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 pengangkuran 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 ^{adalah} *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 :

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

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

dengan :

- σ = teg. bahan termanfaatkan satu serat ijuk (kg/cm^2)
 D = diameter serat ijuk rerata dalam hal ini 0,05 cm
 τ = teg. geser permukaan satu serat ijuk (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.

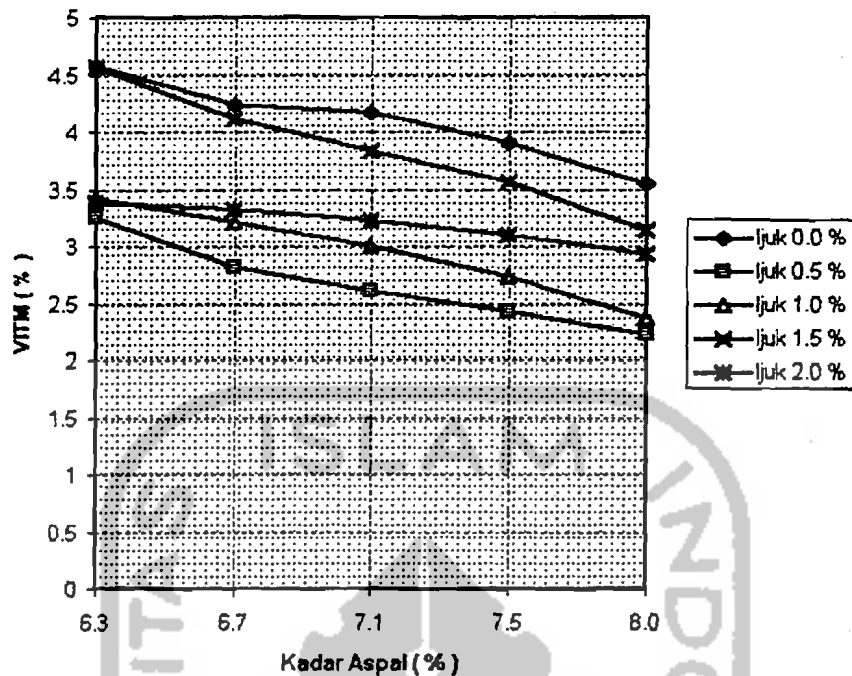
Prinsip dasar untuk menyediakan VITM pada batas tertentu dimaksudkan untuk menyediakan ruangan kosong bagi aspal bila terjadi peningkatan suhu permukaan perkerasan agar tidak terjadi *Bleeding* serta sifat kelenturan yang disumbangkan aspal tetap dapat dipertahankan dalam jangka waktu tertentu.

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 % .

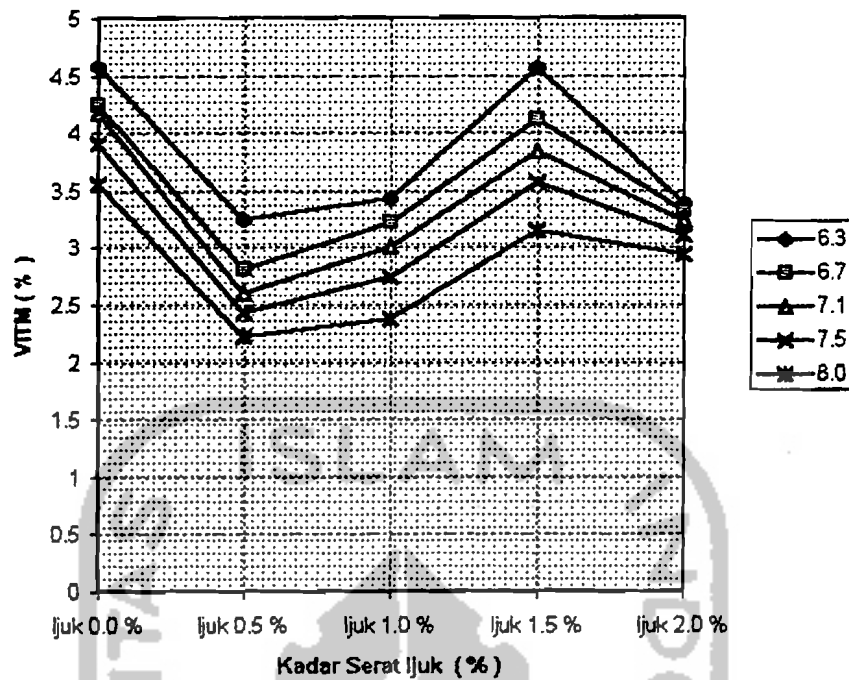
Telah diuraikan sebelumnya pemakaian kadar aspal merupakan faktor penentu dari nilai VITM, ini berarti penambahan kadar aspal akan menurunkan nilai VITM dikarenakan aspal yang berlebihan dan tidak terserap agregat akan menyelubungi agregat secara berlebihan serta mengisi rongga udara yang tersedia .



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.

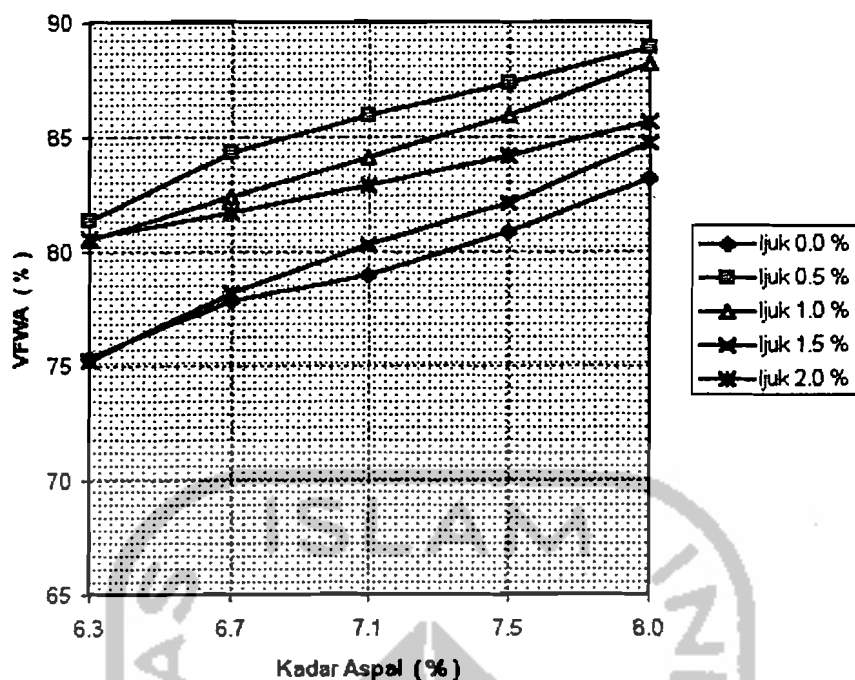
Inilah yang disebut *Bleeding*, lebih lanjut biasanya aspal yang telah berada di atas lapis permukaan akan mengurangi nilai *Skid resistance* yang direncanakan.

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.



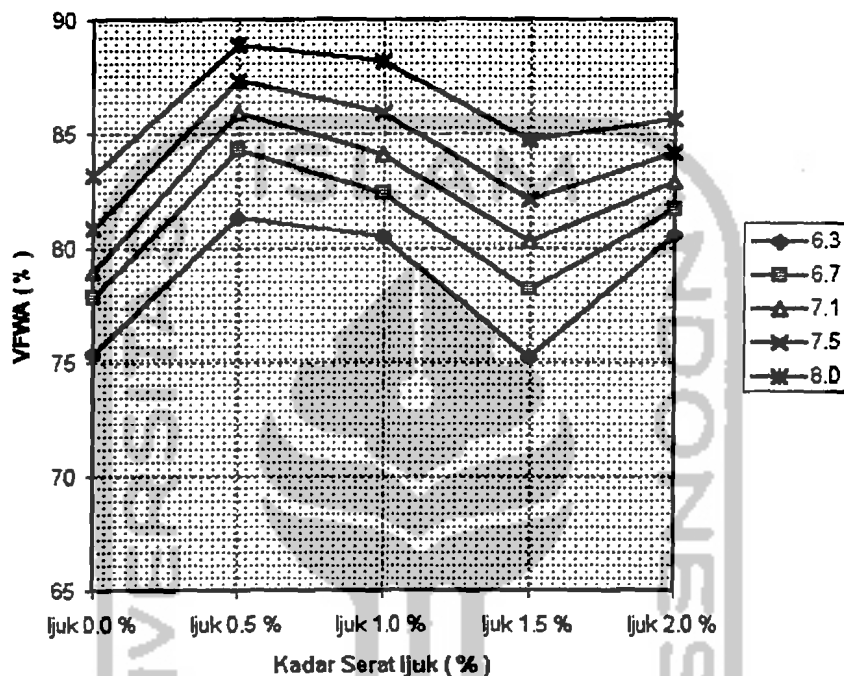
Gambar 6.3. Grafik hubungan kadar aspal dan nilai VFWA terhadap variasi kadar serat ijuk

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).

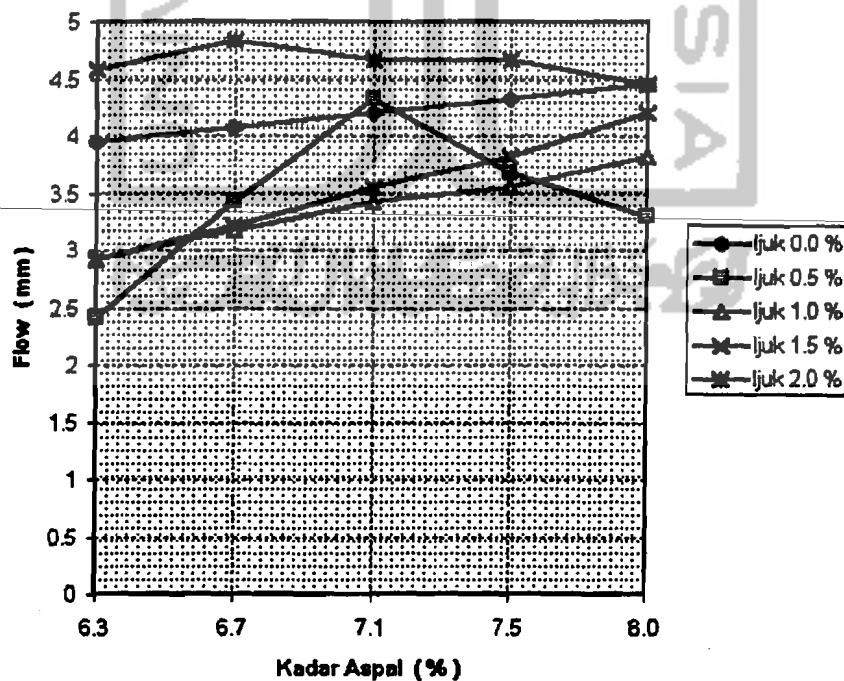
3. Pengaruh serat ijuk terhadap nilai kelelehan (*Flow*)

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 berturut-turut 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.

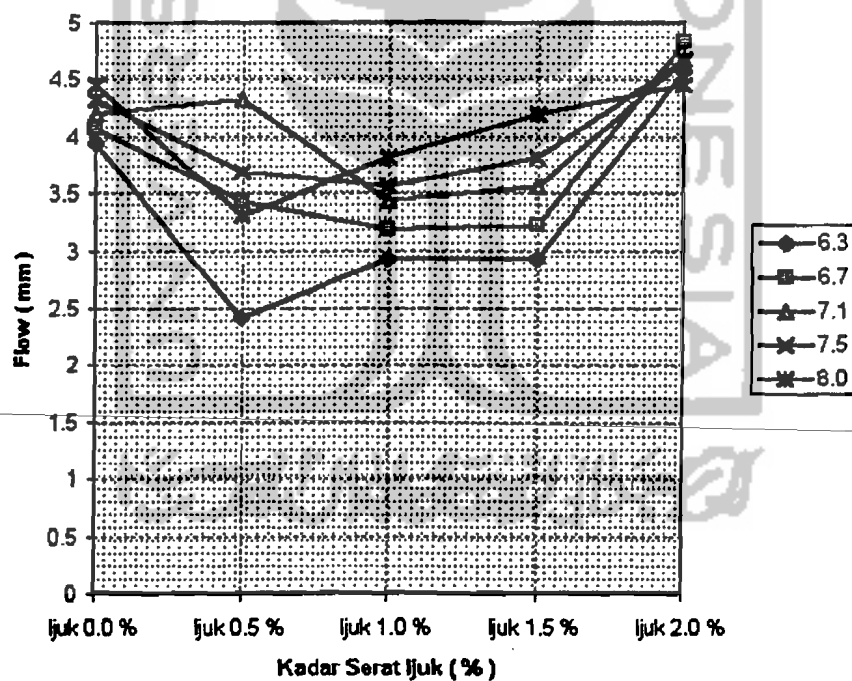
Tampak pula pada grafik di atas, pada kadar serat ijuk 0,0 %, 1,0 % dan 1,5 % telah memenuhi prinsip yang telah diuraikan di atas. Namun pada kadar serat ijuk 0,5 % dan 2,0 % mengalami penyimpangan.

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

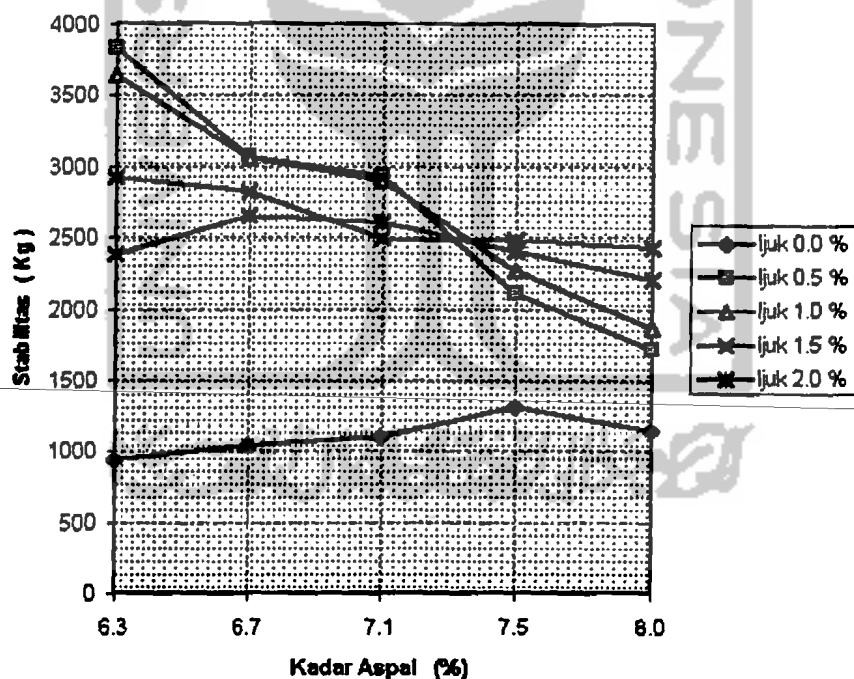
Nilai stabilitas menunjukkan besarnya kemampuan perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja. Perkerasan yang memiliki stabilitas yang tinggi akan mampu menahan beban lalu lintas yang besar. Sebaliknya rendahnya nilai stabilitas akan mengakibatkan turunnya daya dukung terhadap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

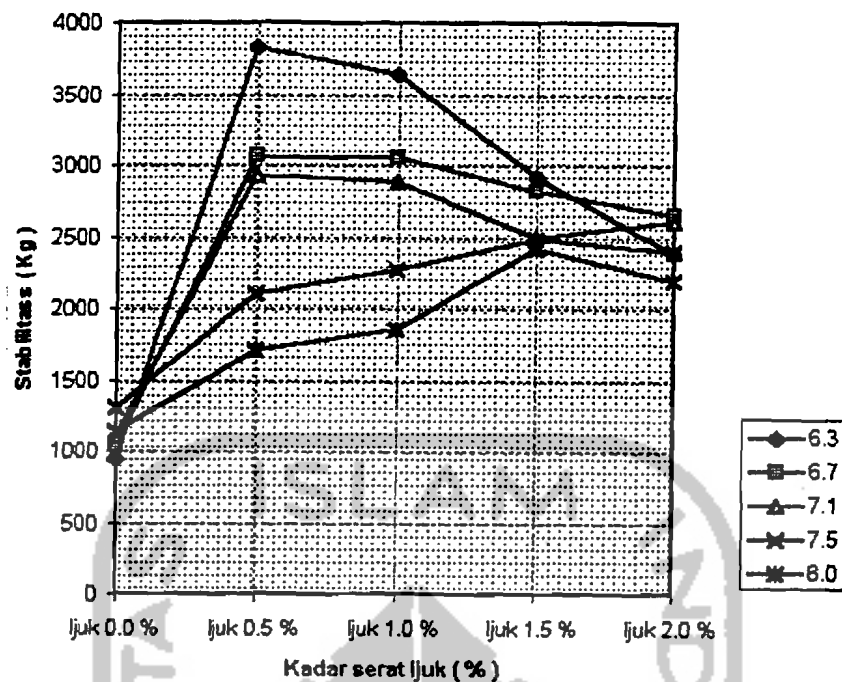
Hasil pengujian laboratorium pada Gambar 6.7 tampak bahwa nilai stabilitas untuk campuran dengan kadar ijuk

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.

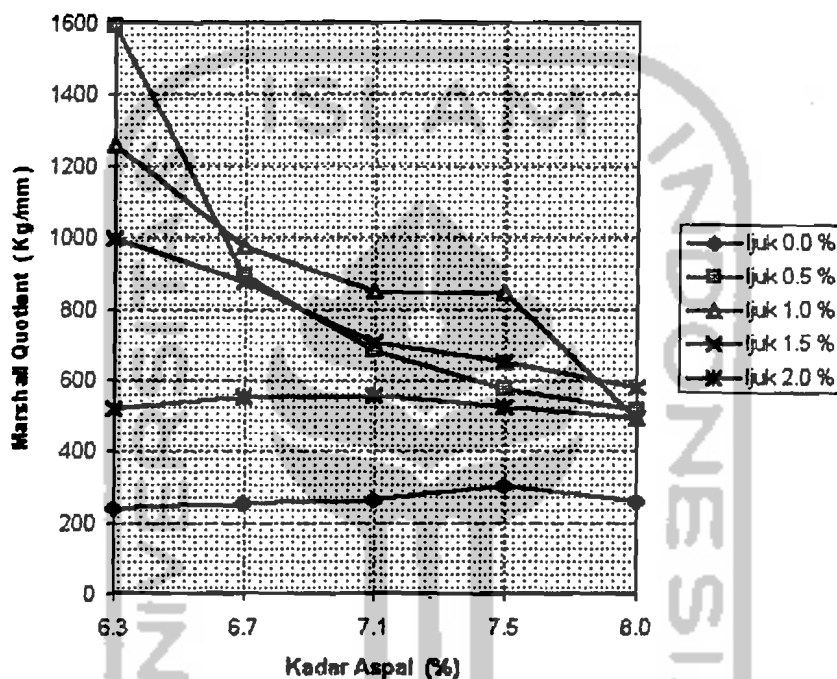
Jadi di sini sangat diharapkan sekali pada perletakan secara random akan lebih banyak serat ijuk yang mendatar letaknya (tegak lurus arah pembebanan).

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 kelelahan (*flow*) yang digunakan sebagai pendekatan terhadap tingkat kekakuan dan fleksibilitas HRS B. Stabilitas yang tinggi yang disertai kelelahan 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

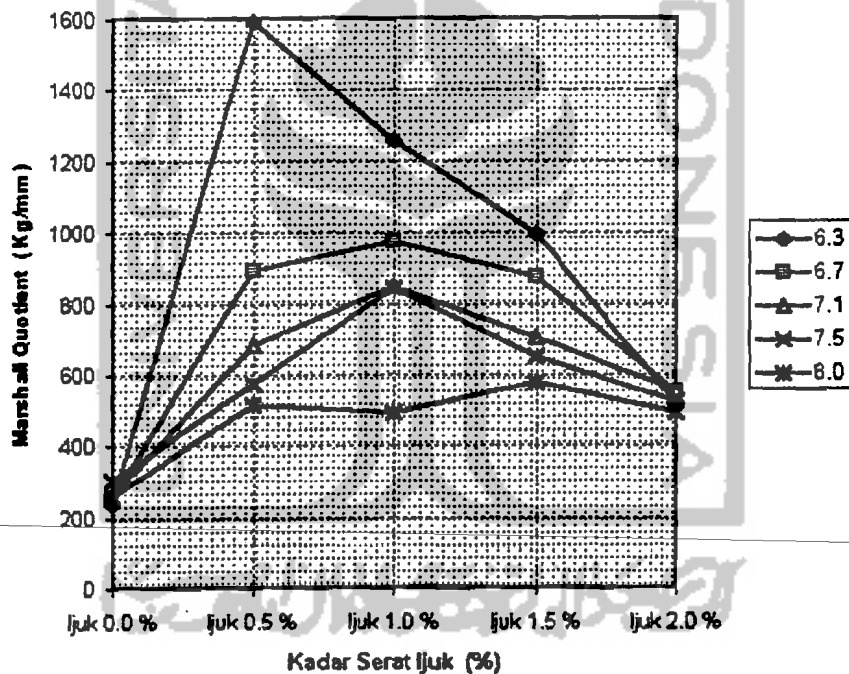
Batas spesifikasi yang disarankan oleh CQCMU, 1988 untuk nilai MQ adalah sebesar 1,8-5 KN/mm atau 180-500 kg/mm.

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

kelelahan 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.

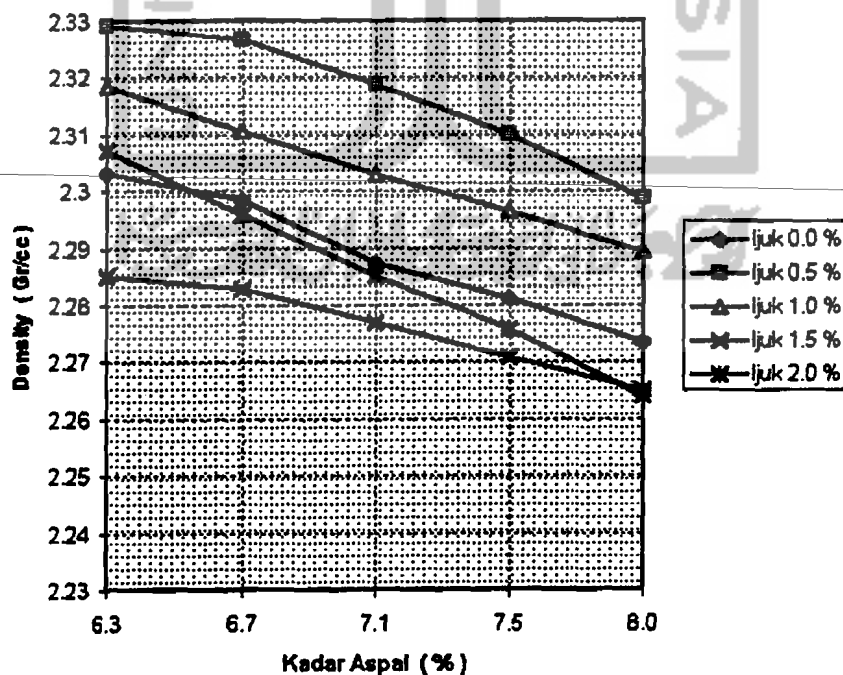
6. Pengaruh serat ijuk terhadap nilai kepadatan

(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.

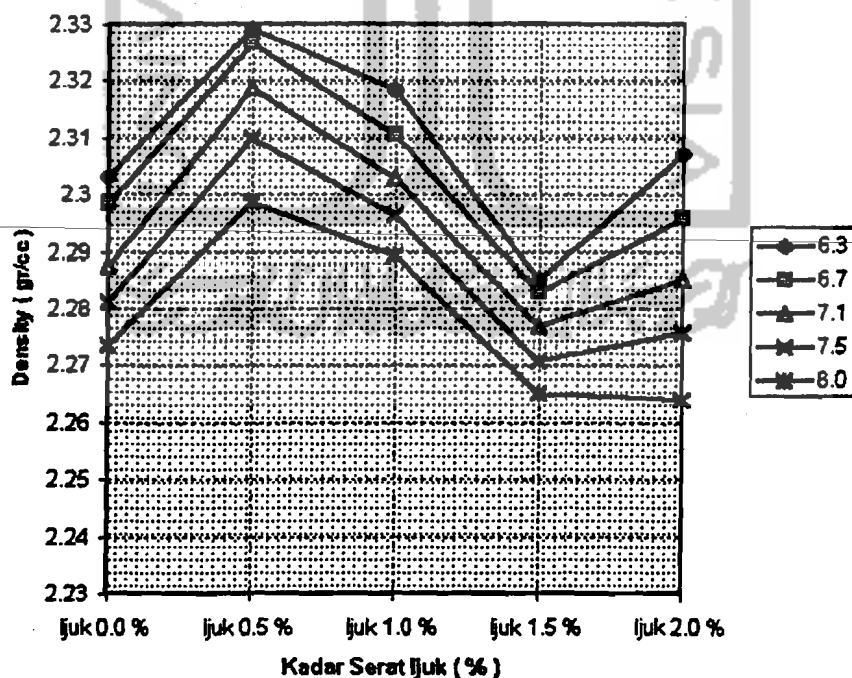
Berikut diperlihatkan Gambar 6.11 yang menunjukkan grafik hubungan kadar aspal dan nilai *density* terhadap variasi kadar serat ijuk.



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 notabene 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 %.

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

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

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

$$\text{Berat jenis aspal (Gb)} = 1,038 \text{ gr/cc}$$

$$\text{Berat jenis agregat} = 2,650 \text{ gr/cc}$$

$$\text{BJ agregat modifikasi (Ga)} = 2,642 \text{ gr/cc}$$

$$\text{Berat jenis air (w)} = 1,000 \text{ gr/cc}$$

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

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

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

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

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

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

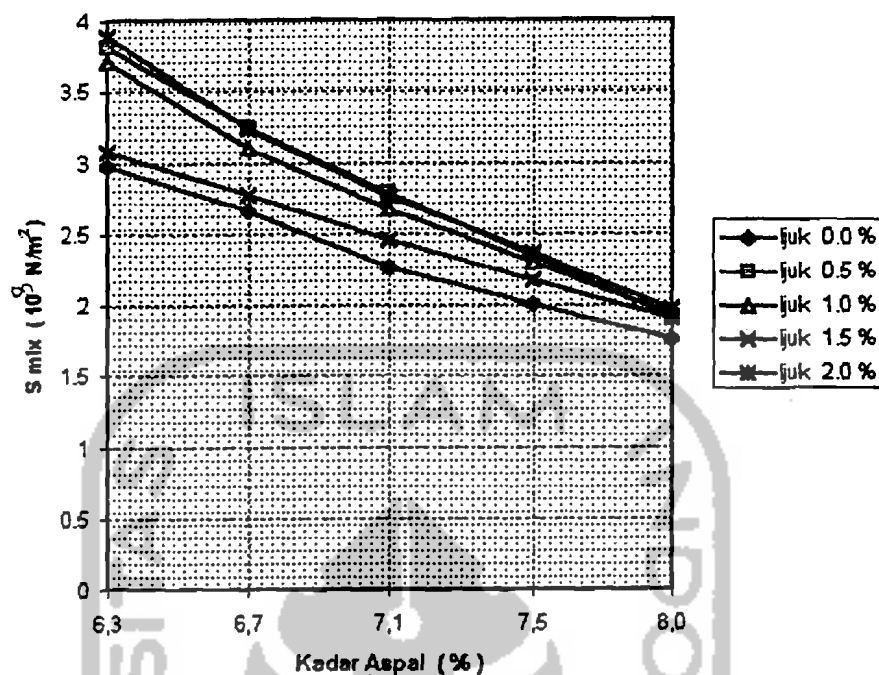
$$n = 0,83 \log \left(\frac{4 * 10^{10}}{S_{bit}} \right) = 3,8197$$

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

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.

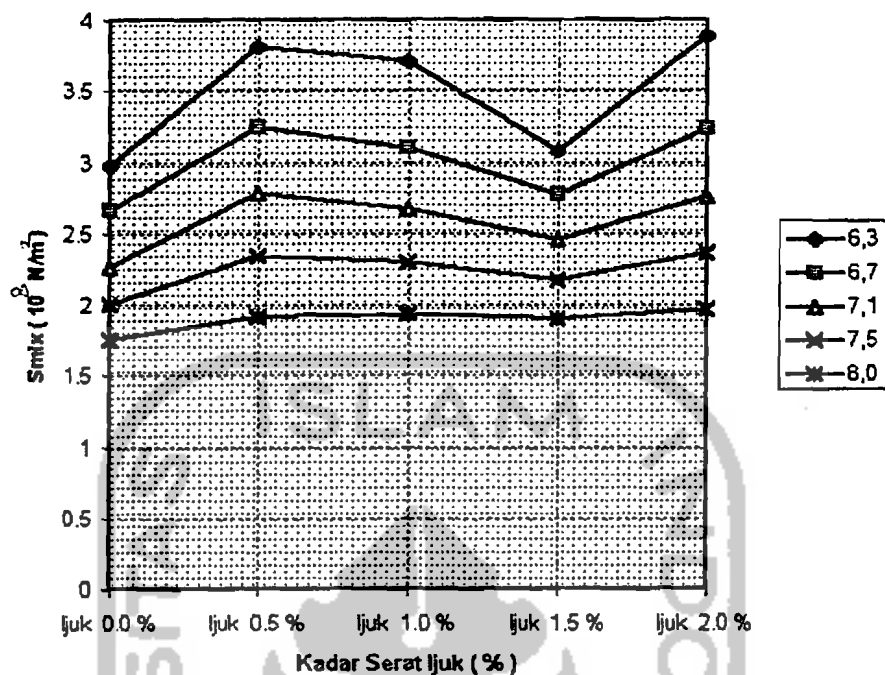


Gambar 6.13. Grafik hubungan kadar aspal dan nilai Smix terhadap variasi kadar serat ijuk.

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.