

## BAB VI

### PEMBAHASAN

Berdasarkan data yang didapat dari hasil penelitian yang dilaksanakan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, maka dapat diketahui nilai-nilai dari karakter campuran HRS-B antara lain : Stabilitas, Density, Flow, VITM, VFWA dan Marshall Quotient.

Penelitian ini dilaksanakan dengan tiga kali periode, yaitu pertama pembuatan sampel untuk mencari kadar aspal optimum, kedua setelah didapat kadar aspal optimum dilanjutkan dengan pembuatan sampel menggunakan kadar aspal optimum dengan variasi kadar dan jenis *filler* (abu batu dan abu sekam padi) pada campuran, ketiga setelah didapat kadar aspal optimum dan kadar *filler* optimum, maka dibuat lagi sampel menggunakan aspal optimum dan *filler* optimum kedua jenis *filler* untuk diuji *imersion* dengan variasi rendaman 0 hari (30 menit) dan 1 hari (24 jam).

#### 6.1 Evaluasi Terhadap Penelitian Aspal + *Filler*

##### 6.1.1 Evaluasi Terhadap Penetrasi Aspal

Pemeriksaan penetrasi aspal bertujuan untuk memeriksa tingkat kekerasan aspal. Pemeriksaan dengan memasukkan jarum penetrasi berdiameter 1 mm dengan menggunakan beban seberat 50 gr, sehingga diperoleh beban gerak seberat 100 gr (berat jarum + beban) selama 5 detik dengan temperatur 25° C.

Nilai Penetrasi hasil penelitian dapat dilihat pada tabel 6.1 dibawah ini :

Tabel 6.1 Penetrasi Aspal

Pemeriksaan	Jenis bahan		
Penetrasi Aspal (mm)	Aspal	Aspal (7,2%)+ Abu batu (4,6%)	Aspal (7,2%) + Abu sekam padi (4%)
	63,15	40,20	25,60

Sumber: Hasil Penelitian di Lab Jalan Raya UII

Nilai penetrasi pada campuran aspal + *filler* abu batu memiliki tingkat penetrasi yang lebih dangkal dari nilai penetrasi aspal tanpa campuran *filler*, tapi penetrasi pada campuran aspal + *filler* abu sekam padi memiliki nilai yang lebih rendah lagi dari campuran aspal + *filler* abu batu, hal ini menunjukkan bahwa campuran aspal + *filler* abu sekam padi memiliki tingkat kekerasan yang paling tinggi dari kedua macam campuran aspal lainnya. Hal ini disebabkan oleh viskositas atau kekentalan aspal yang lebih tinggi dibanding aspal tanpa campuran *filler* dan aspal + *filler* abu batu.

### 6.1.2 Evaluasi Terhadap Daktilitas Aspal

Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui sifat kohesi dalam aspal itu sendiri yaitu dengan mengukur jarak terpanjang yang ditarik antara dua cetakan yang berisi bitumen keras sebelum putus, pada suhu dan kecepatan tarik tertentu. Aspal dengan daktilitas yang lebih besar akan mengikat butir-butir agregat lebih baik tapi lebih peka terhadap perubahan suhu.

Nilai Daktilitas hasil penelitian dapat dilihat pada tabel 6.2 dibawah ini :

Tabel 6.2 Daktilitas Aspal

Pemeriksaan	Jenis bahan		
Daktilitas Aspal (cm)	Aspal	Aspal (7,2%) + Abu batu (4,6%)	Aspal (7,2%) + Abu sekam padi (4%)
	188	59,75	3,55

Sumber: Hasil Penelitian di Lab Jalan Raya UII

Nilai daktilitas pada campuran aspal + *filler* abu batu memiliki tingkat daktilitas yang lebih pendek dari nilai daktilitas aspal tanpa campuran *filler*, tapi

daktilitas pada campuran aspal + *filler* abu sekam padi memiliki nilai yang lebih rendah lagi dari campuran aspal + *filler* abu batu, hal ini menunjukkan bahwa campuran aspal + *filler* abu sekam padi memiliki tingkat kohesi yang paling rendah dari kedua macam campuran aspal lainnya. Kondisi tersebut disebabkan oleh viskositas aspal yang tinggi karena memiliki volum *filler* yang lebih banyak.

### 6.1.3 Evaluasi Terhadap Titik Nyala dan Titik Bakar

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui titik nyala dan titik bakar aspal. Titik nyala adalah suhu pada saat terlihat nyala singkat pada suatu titik diatas permukaan aspal. Titik bakar adalah suhu pada saat terlihat nyala sekurang kurangnya 5 detik pada suatu titik diatas permukaan aspal.

Nilai Titik nyala dan titik bakar hasil penelitian dapat dilihat pada tabel 6.3 dibawah ini :

Tabel 6.3 Titik Nyala dan Titik Bakar

Pemeriksaan	Jenis bahan		
	Aspal	Aspal (7,2%) + Abu batu (4,6%)	Aspal (7,2%)+ Abu sekam padi (4%)
Titik Nyala dan Titik Bakar (°C)			
Titik Nyala	338	320	325
Titik Bakar	348	340	345

Sumber: Hasil Penelitian di Lab Jalan Raya UII

Suhu titik nyala dan titik bakar pada campuran aspal + *filler* abu sekam padi memiliki suhu yang lebih rendah dari aspal tanpa campuran *filler*, tapi suhu pada campuran aspal + *filler* abu batu memiliki nilai yang lebih rendah lagi dari campuran aspal + *filler* abu sekam padi.

### 6.1.4 Evaluasi Terhadap Titik Lembek

Titik lembek ialah suhu dimana suatu lapisan aspal dalam cincin yang diletakkan horizontal didalam larutan air yang dipanaskan secara teratur menjadi

lembek karena beban bola baja dengan diameter 9,53 mm seberat  $\pm 3.5$  gr yang diletakkan di atasnya sehingga lapisan aspal tersebut jatuh melalui jarak 25,4 mm (1 *inch*).

Nilai Titik lembek hasil penelitian dapat dilihat pada tabel 6.4 dibawah ini:

Tabel 6.4 Titik Lembek

Pemeriksaan Titik Lembek (°C)	Jenis bahan		
	Aspal	Aspal (7,2%) + Abu batu (4,6%)	Aspal (7,2%) + Abu sekam padi (4%)
	54,5	56,25	--

Sumber: Hasil Penelitian di Lab Jalan Raya UII

Titik leleh pada aspal tanpa campuran *filler* memiliki suhu yang paling rendah dibanding dengan kedua macam campuran aspal. Tetapi pada campuran aspal + *filler* abu sekam padi tidak memiliki titik leleh, karena dalam percobaan pada pemanasan sampai 105 °C tidak terjadi kelelehan. Pada campuran aspal + *filler* abu sekam padi tersebut mengalami pemecahan pada sisi dalam cincin dan bola baja jatuh tanpa disertai aspal yang leleh.

Pada campuran aspal + *filler* abu sekam padi 4% mempunyai viskositas atau kekentalan aspal yang tinggi sehingga campuran tersebut tahan terhadap pemanasan sampai 105 °C tanpa terjadi kelelehan.

## 6.2 Evaluasi Terhadap Test Marshall

### 6.2.1 Evaluasi Terhadap Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan lapis perkerasan untuk menahan deformasi akibat menerima beban lalu-lintas tanpa terjadinya perubahan bentuk seperti gelombang atau alur. Stabilitas dalam pengujian *Marshall* adalah kemampuan suatu campuran untuk menerima beban hingga terjadi keruntuhan yang dinyatakan dalam satuan kilogram (kg). Nilai Stabilitas yang tinggi menunjukkan bahwa perkerasan

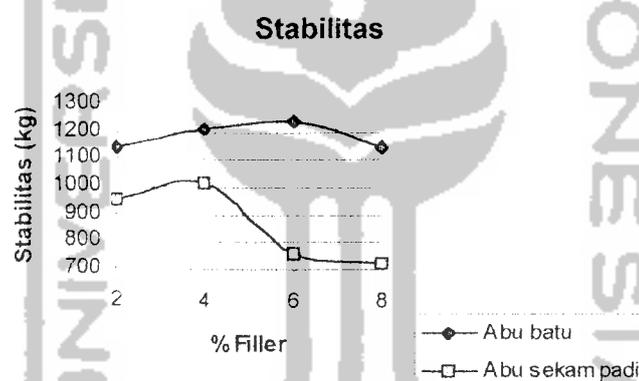
tersebut mampu menahan beban lalu-lintas yang besar. Stabilitas pada campuran HRS terjadi dari hasil gesekan antar agregat (*internalfriction*), penguncian antar butiran agregat (*interlocking*) dan daya ikat yang baik dari lapis aspal. Ketiga aspek tersebut dipengaruhi oleh tekstur permukaan agregat, bentuk butiran agregat dan jenis aspal.

Nilai Stabilitas hasil penelitian dapat dilihat pada tabel 6.5 dibawah ini :

Tabel 6.5 Nilai Stabilitas hasil uji *Marshall*

Hasil Uji Marshall	Variasi jenis dan kadar filler							
	Abu Batu				Abu Sekam Padi			
Stabilitas (kg)	2%	4%	6%	8%	2%	4%	6%	8%
	1135,530	1210,775	1240,145	1147,155	952,233	1014,566	756,373	724,501

Sumber: Hasil Penelitian di Lab Jalan Raya UII



Gambar 6.1 Grafik Stabilitas

Berdasarkan table 6.5 dan gambar 6.1 di atas menunjukkan bahwa nilai stabilitas kedua jenis benda uji mempunyai pola yang sama yaitu terjadi peningkatan nilai stabilitas seiring dengan peningkatan penggunaan kadar filler sampai 4 % dan kemudian kenaikan kadar *filler* dari 4 % sampai 8 % akan menurunkan nilai stabilitasnya.

Menurunnya stabilitas disebabkan oleh penggunaan kadar aspal yang sama yaitu 7,2 % dari berat campuran, hal ini mengakibatkan aspal sebagai bahan pengikat tidak bisa berfungsi dengan baik karena dengan bertambahnya kadar *filler* berarti semakin banyak aspal yang diperlukan untuk menyelimuti masing-masing

butiran sehingga aspal bebas yang berfungsi untuk memberikan ikatan pada campuran akan berkurang dan mengakibatkan nilai stabilitas turun.

Pada persentase kadar *filler* 2 %, nilai stabilitas campuran dengan *filler* abu sekam padi lebih kecil dari campuran dengan *filler* abu batu padahal nilai *density* pada campuran dengan *filler* abu sekam padi lebih besar seperti terlihat pada gambar 5.10, hal ini menunjukkan bahwa campuran dengan *filler* abu sekam padi memiliki ketahanan terhadap deformasi yang lebih kecil dari campuran dengan *filler* abu batu walaupun memiliki kepadatan yang lebih tinggi, perilaku tersebut terjadi karena campuran dengan *filler* abu sekam padi lebih bersifat kaku seperti terlihat pada gambar 5.9, sehingga kemampuan untuk menahan deformasi akibat beban lebih kecil. Tetapi setelah penambahan kadar *filler* 4 %, nilai stabilitas naik seiring dengan perubahan nilai *density*-nya. Perbedaan nilai stabilitas ini disebabkan oleh berat jenis abu sekam padi lebih kecil dari pada berat jenis abu batu, sehingga dengan berat yang sama abu sekam padi memiliki volume yang lebih banyak. Hal ini mengakibatkan jumlah aspal bebas pada campuran dengan *filler* abu sekam padi lebih sedikit, sehingga ikatan aspal terhadap agregatnya juga lebih lemah, dan menyebabkan nilai stabilitasnya lebih rendah dari campuran dengan *filler* abu batu.

### 6.2.2 Evaluasi Terhadap *Flow*

*Flow* (kelelehan) menunjukkan besarnya deformasi dari campuran beraspal yang terjadi akibat adanya beban yang bekerja padanya. Nilai *flow* dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain adalah viskositas dan kadar aspal pada campuran. Campuran yang memiliki nilai *flow* yang rendah dan stabilitas tinggi menunjukkan bahwa campuran tersebut bersifat kaku, sebaliknya nilai *flow* yang tinggi dan nilai

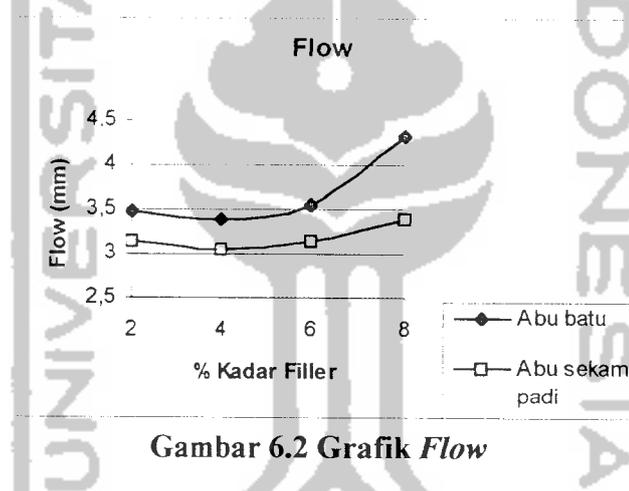
stabilitas rendah menunjukkan campuran bersifat plastis dan mudah mengalami perubahan bentuk akibat terkena beban lalu-lintas.

Nilai *flow* pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 6.6 dan gambar 6.2 sebagai berikut:

Tabel 6.6 Nilai *Flow* hasil uji *Marshall*

Hasil Uji Marshall	Variasi jenis dan kadar filler							
	Abu Batu				Abu Sekam Padi			
Flow (mm)	2%	4%	6%	8%	2%	4%	6%	8%
	3,471	3,387	3,556	4,318	3,133	3,048	3,133	3,387

Sumber: Hasil Penelitian di Lab Jalan Raya UII



Gambar 6.2 Grafik *Flow*

Dari tabel 6.6 dan gambar 6.2 terlihat bahwa nilai *Flow* kedua jenis benda uji mempunyai pola yang sama yaitu terjadi penurunan nilai *Flow* seiring dengan peningkatan penggunaan kadar *filler* sampai 4 % dan kemudian kenaikan kadar *filler* dari 4% sampai 8% akan menaikkan nilai *flow*-nya.

Menurunnya *flow* disebabkan karena dengan penambahan *filler* sampai pada batas tertentu, apabila campuran dipadatkan dengan baik maka butiran *filler* akan mengisi rongga sehingga campuran akan menjadi lebih padat, apabila campuran yang semakin padat tersebut menerima beban, maka deformasi yang terjadi semakin kecil.

Meningkatnya nilai *flow* disebabkan oleh terbentuknya rongga baru pada campuran sebagai akibat dari berubahnya kondisi saling mengunci antar agregat yang

disebabkan oleh semakin meningkatnya viskositas aspal seperti terlihat pada gambar 5.11. Dengan bertambahnya rongga dalam campuran menyebabkan kohesi aspal akan berkurang karena aspal teroksidasi oleh udara, yang menyebabkan aspal menjadi getas. Hal ini menyebabkan nilai *flow*-nya meningkat karena campuran dengan kondisi aspal yang getas apabila terkena beban akan mudah mengalami deformasi.

Berdasarkan gambar 5.9, 5.10, 5.11, 5.12 dan 5.14 terlihat bahwa campuran dengan *filler* abu batu pada kadar *filler* 6 % terdapat ketidak selarasan antara nilai *flow* dengan nilai *density*, VITM dan VMA. Pada kadar *filler* 6 % terlihat bahwa dengan nilai VITM yang minimal dan nilai *density* yang tinggi serta memiliki jarak yang kecil antar agregat tetapi mempunyai nilai *flow* yang tinggi. Hal ini terjadi karena pada kadar *filler* 6 % memiliki nilai VFWA yang tinggi. Dengan nilai VFWA yang tinggi berarti rongga yang terdapat pada campuran lebih banyak terisi oleh aspal, hal ini menyebabkan campuran lebih bersifat elastis dan apabila terkena beban lalu-lintas akan mudah mengalami deformasi.

Jika dibandingkan secara keseluruhan nilai *flow* antara kedua macam campuran tersebut terlihat bahwa campuran dengan *filler* abu batu mempunyai nilai *flow* yang lebih besar dibandingkan dengan campuran yang menggunakan *filler* abu sekam padi. Hal ini disebabkan oleh volume *filler* abu sekam padi yang lebih banyak dan karena penggunaan kadar aspal yang sama. Dengan keadaan tersebut pada campuran dengan *filler* abu sekam padi akan menyebabkan nilai viskositas (kekentalan) aspalnya lebih besar sehingga dengan bertambahnya kadar *filler* maka nilai viskositas aspal menjadi semakin tinggi sehingga campuran bersifat semakin kaku dan mudah mengalami retak (*cracking*), apabila menerima beban lalu-lintas karena tidak cukup lentur untuk menahan deformasi yang terjadi.

### 6.2.3 Evaluasi Terhadap *Density*

Nilai kepadatan campuran (*density*) menunjukkan derajat kepadatan suatu campuran yang telah dipadatkan. Nilai ini mencerminkan tingkat kepadatan dari suatu campuran, makin tinggi nilai *density* berarti campuran tersebut makin padat. Campuran dengan *density* tinggi akan mampu menahan beban lebih berat dibandingkan campuran dengan *density* rendah. Nilai *density* dipengaruhi oleh kualitas bahan penyusunnya dan pelaksanaan pemadatan, baik suhu pemadatan maupun jumlah tumbukannya.

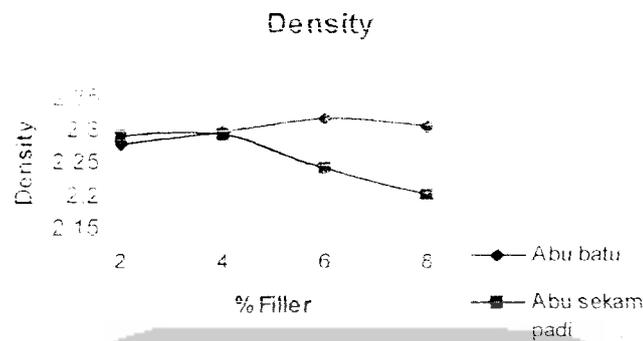
Campuran akan memiliki nilai *density* yang tinggi apabila memakai bahan yang memiliki porositas rendah serta campuran dengan rongga antar agregat yang rendah. Nilai *density* juga meningkat jika energi pemadatan tinggi serta pada suhu pemadatan yang tepat. Peningkatan persentase pemakaian aspal yang cukup juga akan meningkatkan *density* campuran, hal ini disebabkan karena penggunaan kadar aspal yang semakin tinggi akan menyediakan aspal yang lebih banyak untuk mengisi rongga sehingga campuran lebih padat.

Nilai *density* yang dihasilkan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 6.7 dan gambar 6.3 sebagai berikut:

Tabel 6.7 Nilai *Density* hasil uji *Marshall*

Hasil Uji Marshall	Variasi jenis dan kadar filler							
	Abu Batu				Abu Sekam Padi			
Density (gr/cc)	2%	4%	6%	8%	2%	4%	6%	8%
	2,282	2,300	2,321	2,309	2,294	2,298	2,244	2,204

Sumber: Hasil Penelitian di Lab Jalan Raya UII



Gambar 6.3 Grafik *Density*

Dari tabel 6.7 dan gambar 6.3 terlihat bahwa nilai *density* pada campuran dengan *filler* abu batu mengalami peningkatan sampai persentase kadar *filler* mencapai 6 % dan setelah itu dengan bertambahnya kadar *filler* sampai 8 % akan menurunkan nilai *density*nya. Pada campuran dengan *filler* abu sekam padi nilai *density* mengalami kenaikan sampai kadar *filler* mencapai 4 %, selanjutnya dengan bertambahnya kadar *filler* dari 4 % sampai 8 % akan menurunkan nilai *density*.

Kenaikan nilai *density* pada kedua jenis campuran tersebut terjadi karena dengan bertambahnya kadar *filler* berarti butiran pengisi menjadi semakin banyak untuk dapat mengisi rongga bila campuran dipadatkan.

Penurunan nilai *density* terjadi karena dengan semakin banyaknya butiran pengisi yang harus diselimuti oleh aspal dan persentase aspal pada kedua campuran tersebut yang konstan, maka bitumen bebas yang seharusnya mengisi rongga menjadi semakin berkurang, dan dengan penambahan kadar *filler* setelah batas tertentu akan menyebabkan terbentuknya rongga baru pada campuran sebagai akibat dari berubahnya kondisi saling mengunci antar agregat yang disebabkan oleh semakin meningkatnya viskositas aspal, hal ini mengakibatkan proses pemadatan tidak berlangsung sempurna.

Penurunan nilai *density* pada kedua jenis campuran dimulai pada kadar *filler* yang berbeda. Campuran dengan *filler* abu batu penurunan nilai *density* dimulai pada kadar *filler* mencapai 6 % tetapi pada campuran dengan *filler* abu sekam padi penurunan nilai *density*-nya mulai pada kadar *filler* mencapai 4 %. Hal ini disebabkan oleh terbentuknya rongga baru pada campuran dengan *filler* abu sekam padi sebagai akibat dari berubahnya kondisi saling mengunci antar agregat yang disebabkan oleh semakin meningkatnya viskositas aspal, dan perbedaan berat jenis kedua macam *filler* tersebut, sehingga dengan berat yang sama kedua macam *filler* tersebut memiliki volume yang berbeda, hal ini menyebabkan butiran pengisi pada campuran dengan *filler* abu sekam padi berjumlah lebih banyak. Nilai *density* merupakan perbandingan antara massa dan volume, maka dengan terbentuknya rongga baru berarti volume campuran akan bertambah pada massa yang tetap. Hal ini menyebabkan nilai *density* pada kedua campuran berbeda.

Pada persentase kadar *filler* 2 %, nilai *density* campuran dengan *filler* abu sekam padi lebih besar dari campuran dengan *filler* abu batu, hal ini disebabkan rongga campuran lebih banyak terisi *filler* dibanding campuran dengan *filler* abu batu dikarenakan volume abu sekam lebih banyak dari abu batu. Hal ini bisa dilihat dari nilai VITM dan nilai VMA yang lebih kecil serta nilai VFWA yang lebih besar seperti yang terlihat pada gambar 5.11, 5.12, 5.14, dengan keadaan tersebut berarti bahwa campuran dengan *filler* abu sekam padi memiliki rongga udara dan jarak antar agregat yang lebih kecil, tetapi dengan nilai VFWA yang lebih besar berarti banyaknya *filler* yang mengisi rongga merupakan *filler* yang telah terselimuti oleh aspal.

Pada persentase kadar *filler* 4 %, nilai *density* campuran dengan *filler* abu sekam padi lebih kecil dari campuran dengan *filler* abu batu, hal ini disebabkan dengan volume *filler* yang lebih banyak dan penggunaan kadar aspal yang sama maka jumlah aspal bebas yang berfungsi untuk mengisi rongga berjumlah lebih kecil dari campuran dengan *filler* abu batu. Adapun nilai VITM dan nilai VMA yang lebih kecil serta nilai VFWA yang lebih besar pada campuran dengan *filler* abu sekam padi hal ini berarti rongga campuran lebih banyak terisi *filler* yang telah terselimuti oleh aspal dan mempunyai jarak antar agregat yang lebih kecil, yang mengakibatkan film aspal menjadi lebih tipis dari campuran dengan *filler* abu batu, sehingga nilai *flow* campuran dengan *filler* abu sekam padi juga mengalami penurunan seperti terlihat pada gambar 5.9.

#### 6.2.4 Evaluasi Terhadap VITM (*Void In the Total Mix*)

Rongga di dalam campuran (VITM) adalah perbandingan volume persen rongga terhadap volume total campuran padat, dinyatakan dalam persen (%). Faktor yang mempengaruhi nilai VITM yaitu gradasi agregat dan kadar aspal. Nilai VITM berpengaruh terhadap kepadatan, kekakuan dan kedekatan campuran terhadap air dan udara.

Nilai VITM yang terlalu tinggi akan mengakibatkan berkurangnya keawetan dari lapis keras, karena rongga yang terlalu besar akan memudahkan masuknya air dan udara kedalam lapis keras. Udara akan mengoksidasi aspal sehingga kohesi aspal menjadi berkurang, dengan berkurangnya kohesi aspal maka sifat adhesi antar aspal dan agregat juga akan berkurang. Jika hal ini terjadi dapat mengakibatkan pelepasan butiran (*raveling*).

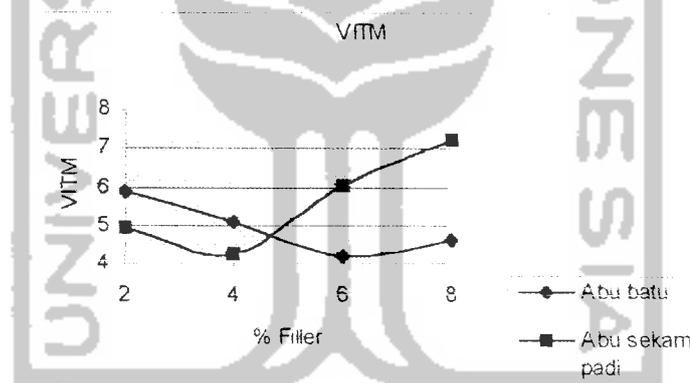
Nilai VITM yang terlalu rendah akan mengakibatkan mudah terjadinya *bleeding* pada lapis keras. Selain *bleeding* dengan VITM yang rendah kekakuan lapis keras akan semakin tinggi yang mengakibatkan lapis keras mudah mengalami retak (*cracking*).

Nilai VITM hasil penelitian dapat dilihat pada tabel 6.8 dan gambar 6.4 sebagai berikut:

Tabel 6.8 Nilai VITM hasil uji *Marshall*

Hasil Uji Marshall	Variasi jenis dan kadar filler							
	Abu Batu				Abu Sekam Padi			
VITM (%)	2%	4%	6%	8%	2%	4%	6%	8%
	5,863	5,076	4,193	4,641	4,924	4,267	6,027	7,213

Sumber: Hasil Penelitian di Lab Jalan Raya UII



Gambar 6.4 Grafik VITM

Berdasarkan tabel 6.8 dan gambar 6.4 di atas terlihat bahwa pada campuran dengan *filler* abu batu mengalami penurunan nilai VITM seiring dengan penambahan kadar *filler* dari 2 % sampai 6 %, setelah itu nilai VITM mengalami kenaikan sampai penambahan kadar *filler* 8 %. Pada campuran dengan *filler* abu sekam padi nilai VITM menurun dari penambahan *filler* 2 % sampai 4% setelah itu mengalami kenaikan seiring dengan penambahan *filler* sampai 8 %.

Penurunan nilai VITM terjadi karena rongga yang ada terisi oleh butiran *filler* dan aspal. Peningkatan nilai VITM disebabkan oleh dengan penambahan

kadar *filler* setelah batas tertentu akan menyebabkan terbentuknya rongga baru pada campuran sebagai akibat dari berubahnya kondisi saling mengunci antar agregat yang disebabkan oleh semakin meningkatnya viskositas aspal.

Jika dibandingkan secara keseluruhan kenaikan nilai VITM kedua macam campuran diawali pada kadar *filler* yang berbeda. Pada campuran dengan *filler* abu sekam padi kenaikan nilai VITM dimulai pada penambahan kadar *filler* 4 %, hal ini disebabkan oleh volume abu sekam padi yang lebih besar sehingga viskositas aspal menjadi lebih tinggi walaupun pada kadar *filler* yang sama dengan campuran dengan *filler* abu batu.

Penyimpangan nilai VITM antara kedua macam campuran terjadi pada penambahan kadar *filler* setelah 4%. Jika merujuk pada gambar 5.11, 5.12 dan 5.14, terlihat bahwa pada kadar *filler* 6 % campuran dengan *filler* abu sekam padi memiliki nilai VITM dan memiliki jarak antar agregat yang besar tetapi memiliki nilai VFWA yang kecil. Hal ini menunjukkan bahwa campuran dengan *filler* abu sekam padi memiliki selaput aspal yang lebih tipis karena volume *filler*-nya lebih banyak dan penggunaan kadar aspal yang sama. Pada kondisi ini viskositas aspal semakin meningkat dan menyebabkan bertambahnya rongga udara yang terbentuk dalam campuran.

Dengan semakin bertambah banyaknya rongga udara dalam campuran akan mengakibatkan menurunnya *density* atau kerapatan campuran seperti terlihat pada gambar 5.10.

### 6.2.5 Evaluasi Terhadap VFWA (*Void Filled With Asphalt*)

Rongga terisi aspal (VFWA) adalah persen volume rongga di dalam campuran yang terisi aspal. Nilai VFWA menunjukkan besarnya rongga dalam campuran yang terisi aspal, nilai VFWA dinyatakan dalam persen. Faktor yang mempengaruhi nilai VFWA adalah gradasi agregat dan kadar aspal.

Besarnya nilai VFWA berpengaruh terhadap kedekatan campuran terhadap air dan udara sehingga akan berpengaruh terhadap keawetan dari lapis keras. Nilai VFWA yang besar berarti semakin banyak rongga udara yang terisi aspal sehingga kedekatan campuran terhadap air dan udara akan semakin tinggi.

Nilai VFWA yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan terjadinya *bleeding* atau naiknya aspal kepermukaan lapis keras, hal ini terjadi karena rongga yang ada terlalu kecil sehingga jika perkerasan menerima beban, terutama pada temperatur yang tinggi dan viskositas aspal turun, maka sebagian aspal akan mencari tempat yang kosong dan jika rongga sudah penuh maka aspal akan naik kepermukaan.

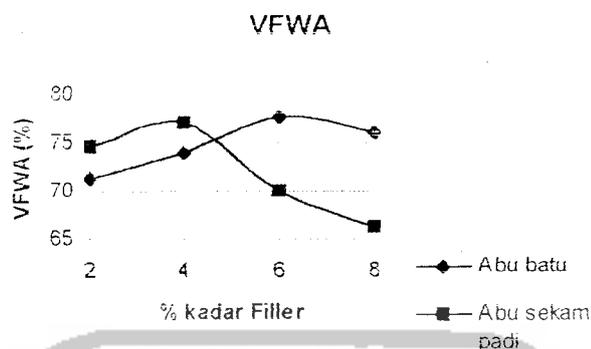
Nilai VFWA yang terlalu kecil akan menyebabkan kedekatan campuran menjadi berkurang karena hanya sedikit rongga yang terisi aspal, hal tersebut akan memudahkan masuknya udara dan air kedalam campuran yang akan melarutkan sebagian aspal yang teroksidasi sehingga keawetan campuran berkurang.

Nilai VFWA dapat dilihat pada tabel 6.9 dan gambar 6.5 sebagai berikut:

Tabel 6.9 Nilai VFWA hasil uji *Marshall*

Hasil Uji Marshall	Variasi jenis dan kadar filler							
	Abu Batu				Abu Sekam Padi			
VFWA (%)	2%	4%	6%	8%	2%	4%	6%	8%
	71,162	73,949	77,690	76,089	74,493	77,133	70,022	66,282

Sumber: Hasil Penelitian di Lab Jalan Raya UII



**Gambar 6.5 Grafik VFWA**

Berdasarkan tabel 6.9 dan gambar 6.5 di atas terlihat bahwa pada campuran dengan *filler* abu sekam padi nilai VFWA mengalami kenaikan dari kadar *filler* 2% sampai 4%, setelah itu dengan bertambahnya kadar *filler* akan menurunkan nilai VFWA. Pada campuran dengan *filler* abu batu nilai VFWA mengalami kenaikan dari kadar *filler* 2% sampai 6%, penambahan *filler* selanjutnya akan menurunkan nilai VFWA.

Kenaikan nilai VFWA disebabkan karena butiran *filler* yang terselimuti oleh aspal mengisi rongga lebih banyak, dengan banyaknya butiran pengisi ini menyebabkan persentase rongga yang terisi aspal semakin meningkat sampai pada kadar *filler* tertentu.

Penurunan nilai VFWA terjadi karena penggunaan kadar aspal yang sama dan dengan peningkatan penggunaan kadar *filler* maka akan semakin banyak jumlah permukaan agregat yang harus diselimuti aspal sehingga aspal bebas yang seharusnya mengisi rongga semakin berkurang dan aspal tidak bisa mengisi rongga sepenuhnya.

Jika dibandingkan secara keseluruhan penurunan nilai VFWA kedua macam campuran diawali pada kadar *filler* yang berbeda. Pada campuran dengan

*filler* abu sekam padi penurunan nilai VFWA dimulai pada penambahan kadar *filler* 4 %, hal ini disebabkan oleh volume abu sekam padi yang lebih besar sehingga jumlah aspal bebas yang mengisi rongga lebih sedikit walaupun pada kadar *filler* yang sama dibanding campuran dengan *filler* abu batu.

Penyimpangan nilai VFWA antara kedua macam campuran terjadi pada penambahan kadar *filler* setelah 4%. Jika merujuk pada gambar 5.11, 5.12 dan 5.14, terlihat bahwa pada kadar *filler* 6 % campuran dengan *filler* abu sekam padi memiliki nilai VFWA yang kecil, tetapi memiliki rongga udara dan jarak antar agregat yang besar. Hal ini menunjukkan bahwa campuran dengan *filler* abu sekam padi memiliki selaput aspal yang lebih tipis karena dengan volume *filler* yang lebih besar dan penggunaan kadar aspal yang konstan maka jumlah agregat yang harus terselimuti aspal menjadi semakin banyak.

#### 6.2.6 Evaluasi Terhadap *Marshall Quotient*

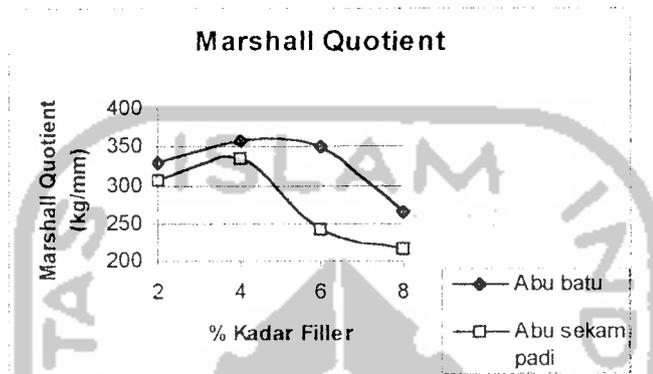
*Marshall Quotient* merupakan hasil bagi antara stabilitas dan kelelehan (*flow*) dan merupakan pendekatan terhadap tingkat kekakuan dan fleksibilitas campuran. Stabilitas yang tinggi yang disertai dengan kelelehan yang rendah akan menghasilkan perkerasan yang terlalu kaku sehingga akan bersifat getas, sebaliknya jika nilai stabilitas rendah dan kelelehan yang tinggi akan menghasilkan campuran yang terlalu elastis dan akan mengakibatkan perkerasan akan mengalami deformasi yang besar jika menerima beban lalu-lintas.

Nilai *Marshall Quotient* hasil penelitian dapat dilihat pada tabel 6.10 dan gambar 6.6 sebagai berikut:

Tabel 6.10 Nilai *Marshall Quotient* hasil uji *Marshall*

Hasil Uji Marshall	Variasi jenis dan kadar filler							
	Abu Batu				Abu Sekam Padi			
MQ (kg/mm)	2%	4%	6%	8%	2%	4%	6%	8%
	329,499	358,021	350,247	265,668	305,285	334,485	242,519	214,413

Sumber: Hasil Penelitian di Lab Jalan Raya UII

Gambar 6.6 Grafik *Marshall Quotient*

Berdasarkan tabel 6.10 dan gambar 6.6 di atas menunjukkan bahwa nilai *Marshall Quotient* kedua jenis benda uji mempunyai pola yang sama yaitu Terjadi peningkatan nilai *Marshall Quotient* seiring dengan peningkatan penggunaan kadar filler sampai 4 % dan kemudian kenaikan kadar *filler* dari 4% sampai 8% akan menurunkan nilai *Marshall Quotient*nya.

Peningkatan nilai *Marshall Quotient* disebabkan dengan bertambahnya kadar *filler* sampai 4 % untuk campuran dengan *filler* abu sekam padi dan 6 % untuk campuran dengan *filler* abu batu akan menyebabkan nilai *density* meningkat dan nilai VITM menurun, sehingga stabilitas campuran akan meningkat seperti terlihat pada gambar 5.8, 5.10 dan 5.11, dan menyebabkan nilai *Marshall Quotient* meningkat juga.

Penurunan nilai *Marshall Quotient* disebabkan oleh penambahan jumlah kadar *filler* sehingga jumlah aspal yang dibutuhkan untuk menyelimuti tiap butir *filler* menjadi semakin banyak, hal ini menyebabkan aspal bebas yang digunakan untuk

mengikat agregat akan berkurang dan nilai stabilitas akan menurun dan menyebabkan nilai *Marshall Quotient* juga menurun.

Jika dibandingkan secara keseluruhan nilai *Marshall Quotient* pada campuran dengan *filler* abu sekam padi lebih rendah, hal ini menunjukkan bahwa campuran dengan *filler* abu sekam padi bersifat lebih lentur walaupun memiliki nilai *flow* yang lebih rendah. hal ini disebabkan karena campuran dengan *filler* abu sekam padi memiliki nilai stabilitas yang jauh lebih rendah dari campuran dengan *filler* abu batu..

#### 6.2.7 Evaluasi Terhadap VMA (*Void in Mineral Aggregate*)

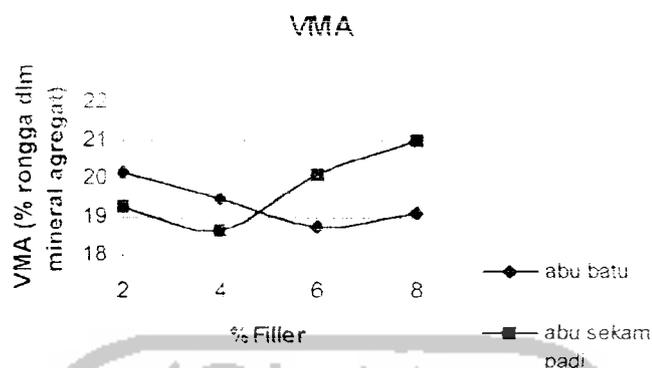
VMA adalah rongga yang terdapat pada campuran yang telah dipadatkan, meliputi rongga udara dan aspal efektif yang menyelimuti agregat. Nilai VMA menunjukkan besarnya jarak antar agregat dalam campuran, semakin besar nilai VMA semakin besar pula jarak antar agregat. Nilai VMA dinyatakan dalam persen.

Nilai *Void in Mineral Aggregate* hasil penelitian dapat dilihat pada tabel 6.11 dan gambar 6.7 sebagai berikut:

Tabel 6.11 Nilai *Void in Mineral Aggregate* hasil uji *Marshall*

Hasil Uji Marshall	Variasi jenis dan kadar filler							
	Abu Batu				Abu Sekam Padi			
VMA (%)	2%	4%	6%	8%	2%	4%	6%	8%
	20,150	19,478	18,724	19,099	19,289	18,656	20,079	21,014

Sumber: Hasil Penelitian di Lab Jalan Raya UII



**Gambar 6.7** Grafik *Void in Mineral Aggregate*

Berdasarkan tabel 6.11 dan gambar 6.7 di atas terlihat bahwa pada kedua jenis campuran memiliki nilai *Void in Mineral Aggregate* (VMA) yang memenuhi syarat dari AASHO yaitu minimal 14 %.

Pada kadar *filler* 2 % sampai 4 % nilai VMA campuran dengan *filler* abu sekam padi lebih rendah dari campuran dengan *filler* abu batu. Merujuk dari gambar 5.11 dan 5.12 terlihat bahwa campuran dengan *filler* abu sekam padi memiliki VITM yang lebih kecil dan nilai VFWA yang lebih besar. Hal ini menunjukkan bahwa rongga yang terdapat dalam campuran dengan *filler* abu sekam padi telah terisi oleh *filler* yang terselimuti oleh aspal, karena jumlah *filler*-nya banyak maka memerlukan aspal yang banyak untuk menyelimutinya sehingga meninggikan nilai VFWA.

Pada kadar *filler* 6 % sampai 8 % nilai VMA campuran dengan *filler* abu sekam padi lebih tinggi dari campuran dengan *filler* abu batu. Merujuk dari gambar 5.11, 5.12 dan 5.14 terlihat bahwa campuran dengan *filler* abu sekam padi memiliki VITM dan jarak antar agregat yang lebih besar dan nilai VFWA yang lebih kecil. Hal ini menunjukkan bahwa campuran dengan *filler* abu sekam padi memiliki selaput aspal yang lebih tipis karena volume *filler*-nya lebih banyak dan

penggunaan kadar aspalnya yang sama. Pada kondisi ini viskositas aspal semakin meningkat dan menyebabkan timbulnya kondisi saling mengunci antar agregat dan menyebabkan bertambahnya rongga udara yang terbentuk dalam campuran, sehingga memperbesar jarak antar agregat.

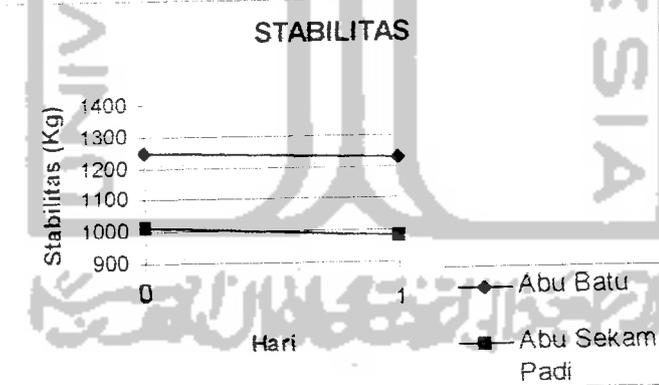
### 6.3 Evaluasi Terhadap Pengujian Rendaman (*Immersion*)

Pada penelitian ini diperoleh nilai stabilitas dengan *curing time* 0 hari dan 1 hari sebagai berikut:

Tabel 6.12 Nilai Stabilitas *immersion*

Hasil Uji Marshall	Variasi curing time dan jenis filler			
	Abu batu		Abu sekam padi	
Stabilitas (kg)	0 hari	1 hari	0 hari	1 hari
	1249,094	1230,587	1014,662	979,186

Sumber: Hasil Penelitian di Lab Jalan Raya UII



Gambar 6.7 Grafik Stabilitas *Immersion*

Berdasarkan tabel 6.12 dan gambar 6.7 diatas menunjukkan bahwa nilai stabilitas kedua jenis benda uji mengalami penurunan setelah direndam dalam *waterbath* selama 24 jam.

Indeks tahanan kerusakan (*index of retained strength*) akibat dari air, suhu dan cuaca dihitung dengan membandingkan nilai stabilitas setelah direndam selama

24 jam (S2) dan nilai stabilitas campuran biasa yang direndam selama 30 menit (S1).

Hasil perhitungan indeks tahanan campuran kedua jenis benda uji adalah sebagai berikut:

- Indeks tahanan campuran dari campuran lapis keras dengan *filler* abu batu:

$$\begin{aligned} \text{Index of retained strength} &= \frac{S2}{S1} \times 100 \% \\ &= \frac{1230,587}{1249,094} \times 100 \% \\ &= 98,52 \% > 75 \% \end{aligned}$$

- Indeks tahanan campuran dari campuran lapis keras dengan *filler* abu sekam padi:

$$\begin{aligned} \text{Index of retained strength} &= \frac{S2}{S1} \times 100 \% \\ &= \frac{979,186}{1014,662} \times 100 \% \\ &= 96,50 \% > 75 \% \end{aligned}$$

Berdasarkan indeks tahanan kekuatan dari kedua campuran tersebut, menunjukkan bahwa campuran dengan *filler* abu batu memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap kerusakan oleh pengaruh air, suhu dan cuaca, dibandingkan campuran dengan *filler* abu sekam padi.

Namun demikian kedua campuran tersebut memiliki indeks ketahanan kekuatan yang tinggi dan lebih besar dari 75 %, maka campuran tersebut memiliki

ketahanan kekuatan yang memenuhi syarat dari kerusakan oleh pengaruh air, suhu dan cuaca.

