

BAB VII

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 Beton aspal (Laston) antara lain Stabilitas, *Flow*, *Density*, VITM (*Void In The Mix*), VFWA (*Void Filled With Asphalt*), dan *Marshall Quotient*.

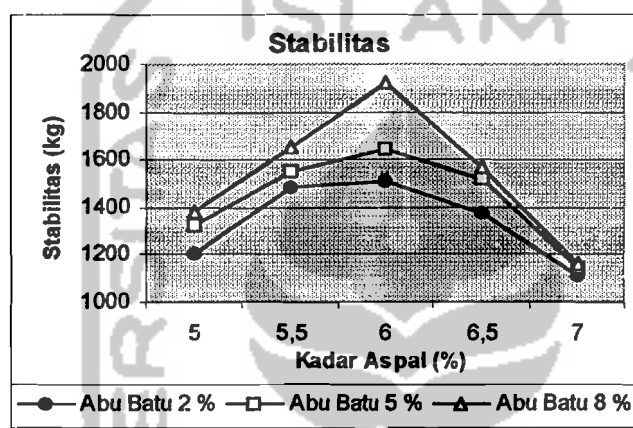
7.1. Pembahasan hasil penelitian terhadap campuran Laston dengan Uji *Marshall*

7.1.1. Pengaruh terhadap stabilitas

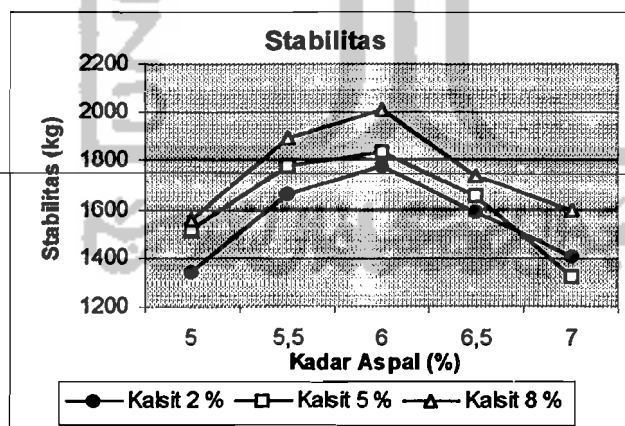
Stabilitas menunjukkan kemampuan perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu-lintas di atasnya tanpa terjadinya perubahan bentuk seperti gelombang dan alur. Stabilitas dalam pengujian *Marshall* adalah kemampuan suatu campuran untuk menerima beban hingga terjadi keruntuhan yang dinyatakan dalam satuan kilogram (kg). Nilai stabilitas yang tinggi menunjukkan bahwa perkerasan tersebut mampu menahan beban lalu-lintas yang besar. Nilai stabilitas pada beton aspal dipengaruhi oleh suhu pemadatan, gradasi agregat, kadar serta jenis aspalnya, bentuk agregat dan kohesi campuran. Nilai stabilitas hasil penelitian dapat dilihat pada tabel 7.1. dibawah ini.

Tabel 7.1. Nilai Stabilitas Hasil Uji Marshall

Persen Aspal	Persentase kandungan <i>filler</i> abu batu			Persentase Kandungan <i>filler</i> batu lintang (kalsit)		
	2%	5%	8%	2%	5%	8%
5%	1204,35	1321,22	1385,4	1341,5	1514,89	1552,75
5,5%	1482,99	1552,11	1651,19	1663,17	1782,11	1892,42
6%	1511,2	1643,47	1920,16	1777,27	1840,48	2006,7
6,5%	1372,5	1513,55	1568,87	1589,63	1656,82	1733,83
7%	1109,87	1143,08	1157,86	1408,38	1323,34	1600,57



Gambar 7.1. Stabilitas Abu Batu



Gambar 7.2. Stabilitas Kalsit

Berdasarkan gambar 7.1 dan gambar 7.2 terlihat bahwa nilai stabilitas semakin bertambah dengan bertambahnya kadar aspal sampai batas optimum dan kembali menurun seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Hal ini disebabkan oleh

fungsi aspal sebagai bahan perekat, penggunaan aspal yang rendah tidak akan maksimum akan menyelimuti permukaan agregat sehingga kekompakan ikatan antar agregat berkurang dan stabilitas dari campuran tersebut akan berkurang pula. Dengan bertambahnya kadar aspal dalam campuran akan memberikan lapisan film aspal yang semakin tebal sehingga dapat menyelimuti permukaan agregat dengan baik dan memperkokoh ikatan antar agregat sampai batas optimum. Seiring dengan bertambahnya kadar aspal melewati kadar aspal optimum akan memberikan lapisan film aspal yang lebih tebal, hal ini akan membuat jarak antar agregat penyusun menjadi lebih besar dan mengurangi gaya gesek antar agregat serta mengubah fungsi dari aspal tersebut sebagai bahan perekat menjadi pelicin dalam campuran. Kondisi tersebut mengurangi kestabilan dari campuran karena campuran cenderung bersifat plastis.

Stabilitas yang tinggi juga dicerminkan oleh adanya kerapatan campuran yang tinggi. Berdasarkan tabel 7.1, gambar 7.1 dan gambar 7.2 di atas, nilai stabilitas kedua benda uji mempunyai pola yang sama yaitu terjadi peningkatan nilai stabilitas seiring dengan peningkatan penggunaan kadar *filler*.

Dengan semakin tingginya kadar *filler* dalam campuran apabila dipadatkan dengan baik menyebabkan rongga yang terjadi semakin kecil sehingga kerapatan campuran menjadi besar. Keadaan tersebut secara otomatis dapat menambah daya kemampuan menahan beban menjadi lebih besar. Hal ini berlaku untuk semua temperatur pemadatan dan untuk jenis *filler* abu batu maupun batu lintang (kalsit).

Pada persentase kadar *filler* 2% nilai stabilitas campuran dengan *filler* batu lintang lebih besar dari campuran dengan *filler* abu batu demikian pula dengan

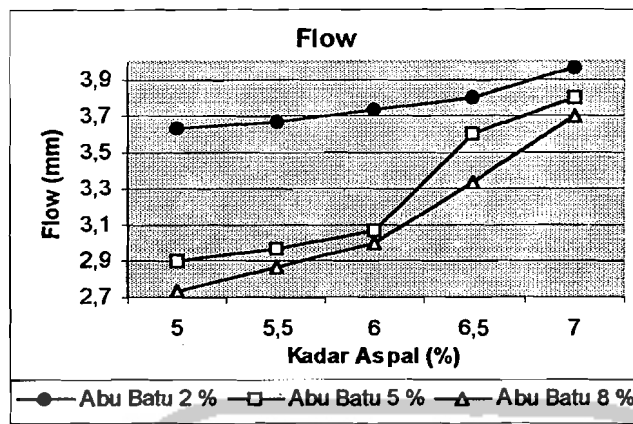
density-nya seperti terlihat pada gambar 7.5 dan 7.6, hal ini menunjukkan bahwa campuran dengan *filler* batu lintang (kalsit) memiliki ketahanan terhadap deformasi yang lebih besar dari campuran dengan *filler* abu batu. Dengan demikian pada campuran dengan *filler* batu lintang (kalsit) mempunyai stabilitas yang lebih tinggi dari campuran yang menggunakan abu batu sebagai *filler*. Kemudian untuk seterusnya, penambahan penggunaan kadar *filler* menjadi 5% semakin meningkatkan nilai stabilitasnya, menjadi lebih besar dari campuran dengan kadar *filler* 2%, dan penambahan penggunaan kadar *filler* 8% nilai stabilitasnya lebih besar dari campuran dengan kadar *filler* 5%. Stabilitas yang disyaratkan adalah minimum 750 kg. Lapis perkerasan dengan nilai stabilitas kurang dari 750 kg, akan mudah mengalami *rutting* karena perkerasan bersifat lembek sehingga tidak mampu menahan beban yang berat.

7.1.2. Pengaruh terhadap *flow*

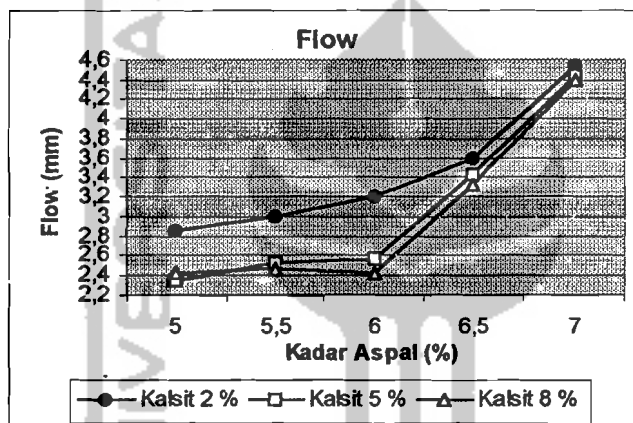
Flow atau kelelahan menunjukkan besarnya deformasi dari campuran akibat beban yang bekerja padanya. Adanya peningkatan kadar *filler* dalam campuran, menyebabkan campuran menjadi padat, sehingga deformasi yang terjadi semakin kecil dimana hal tersebut menyebabkan nilai *flow* menjadi turun. Hal ini dapat terlihat pada tabel 7.2. gambar 7.3 dan 7.4 di bawah ini.

Tabel 7.2. Nilai *Flow* Hasil Uji *Marshall*

Persen Aspal	Persentase kandungan <i>filler</i> abu batu			Persentase Kandungan <i>filler</i> batu lintang (kalsit)		
	2%	5%	8%	2%	5%	8%
5%	3.63	2.9	2.73	2.87	2.33	2.43
5,5%	3.67	2.97	2.87	3	2.53	2.47
6%	3.73	3.07	3	3.2	2.57	2.43
6,5%	3.8	3.6	3.33	3.6	3.43	3.33
7%	3.97	3.8	3.7	4.53	4.43	4.4



Gambar 7.3. Flow Abu Batu



Gambar 7.4. Flow Kalsit

Seperti telah disebutkan di muka, dengan semakin tingginya kadar *filler*, apabila campuran dipadatkan maka *filler* tersebut akan mengisi rongga-rongga yang ada sehingga campuran tersebut menjadi semakin rapat. Apabila campuran yang semakin rapat menerima beban, maka deformasi akibat beban tersebut akan menjadi kecil. Perilaku ini berlaku pada jenis *filler* abu batu maupun batu lintang (kalsit).

Flow dari campuran dengan bahan pengisi batu lintang (kalsit) mempunyai nilai kelelahan yang lebih kecil apabila dibandingkan dengan campuran yang menggunakan bahan pengisi abu batu. Hal ini disebabkan oleh sifat kimia yang

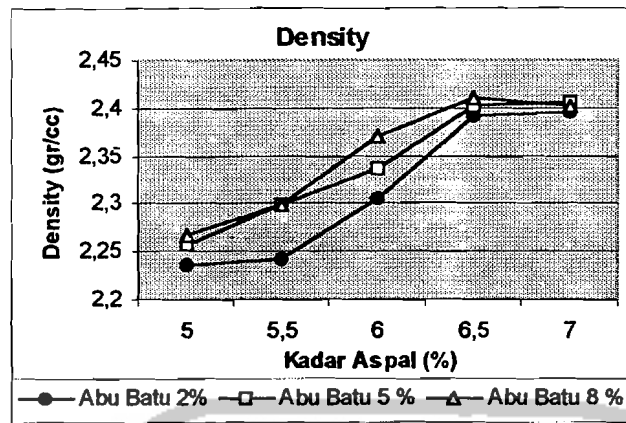
dikandung oleh batu lintang (kalsit), mempunyai kemiripan dengan batu gamping (mengandung unsur CaCO_3 , MgO , dan CaO) yang merupakan salah satu unsur utama bahan semen. Menurut standar industri Indonesia, kadar CaCO_3 dalam semen $\pm 85\%$, $\text{MgO} < 5\%$, dan $\text{CaO} \geq 50\%$ (Sukandar Rumidi, Bahan Galian Industri, Gajah Mada University Press). Jadi dapat diasumsikan bahwa batu lintang (kalsit) memiliki sifat-sifat dari semen, sehingga campuran yang menggunakan *filler* batu lintang (kalsit) memiliki nilai kekakuan yang lebih tinggi daripada campuran yang menggunakan abu batu sebagai *filler*.

7.1.3 Pengaruh terhadap *density*

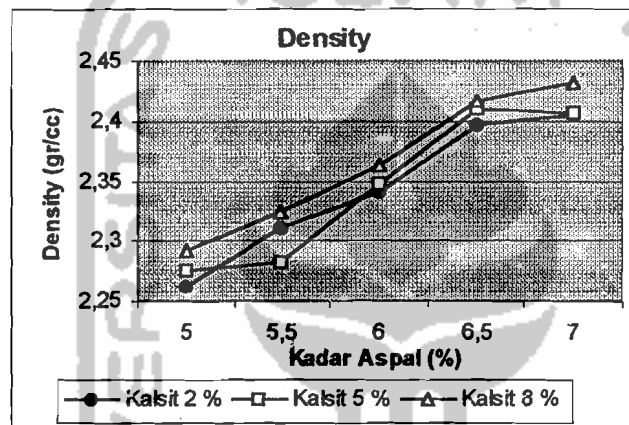
Nilai *density* menunjukkan besarnya derajat kepadatan suatu campuran yang telah dipadatkan. Campuran dengan *density* yang tinggi akan mampu menahan beban yang besar apabila dibandingkan dengan campuran yang kepadatannya lebih rendah. Nilai *density* yang dihasilkan pada penelitian ini ditunjukkan oleh tabel 7.3. di bawah ini:

Tabel 7.3. Nilai *Density* Hasil Uji Marshall

Persen Aspal	Persentase kandungan <i>filler</i> abu batu			Persentase Kandungan <i>filler</i> batu lintang (kalsit)		
	2%	5%	8%	2%	5%	8%
5%	2.2351	2.2566	2.2678	2.261	2.2759	2.2916
5,5%	2.2426	2.2978	2.2996	2.3098	2.2821	2.3245
6%	2.3056	2.3372	2.3698	2.3414	2.3475	2.3625
6,5%	2.3905	2.4017	2.4098	2.3968	2.4096	2.4171
7%	2.3955	2.4053	2.4025	2.4043	2.4064	2.4323



Gambar.7.5. *Density* Abu Batu



Gambar.7.6. *Density* Kalsit

Nilai *density* yang dihasilkan dalam penelitian ini sangat bervariasi sesuai dengan variasi kadar *filler* yang digunakan, seperti pada gambar 7.5 dan 7.6. terlihat bahwa dengan semakin meningkatnya kadar *filler* maka nilai *density* campuran semakin naik juga. Hal ini berlaku pada jenis *filler* abu batu dan batu lintang (kalsit) dalam penelitian ini. Untuk campuran yang menggunakan batu lintang (kalsit) sebagai *filler density*nya lebih besar dibandingkan dengan campuran yang menggunakan abu batu sebagai *filler* dikarenakan seperti yang telah dibahas pada pengaruh terhadap stabilitas dan *flow* di atas bahwa Batu lintang (kalsit) mempunyai sifat yang menyerupai semen sehingga sebagai *filler* daya ikat antar agregatnya tinggi, stabilitasnya tinggi, dan menyebabkan kepadatannya semakin tinggi pula.

Sedangkan abu batu sebagai *filler* walaupun daya ikat antar agregatnya baik tapi ia tidak memiliki sifat-sifat semen sehingga nilai densitynya masih di bawah abu batu.

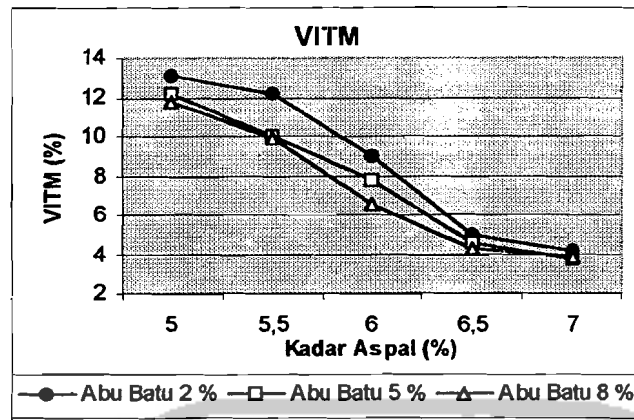
7.1.4. Pengaruh terhadap VITM

Volume rongga di dalam campuran (VITM), biasanya dinyatakan dalam persen rongga dalam campuran total. Nilai VITM berpengaruh terhadap kedekatan campuran. Apabila nilai VITM besar berarti banyak rongga yang terjadi di dalam campuran tersebut sehingga campuran kurang kedap terhadap udara dan air, akibatnya aspal akan mudah teroksidasi sehingga menimbulkan kerusakan. Selain itu nilai VITM juga menunjukkan nilai kekakuan campuran. Campuran yang memiliki nilai VITM kecil menunjukkan campuran dengan kekakuan yang tinggi.

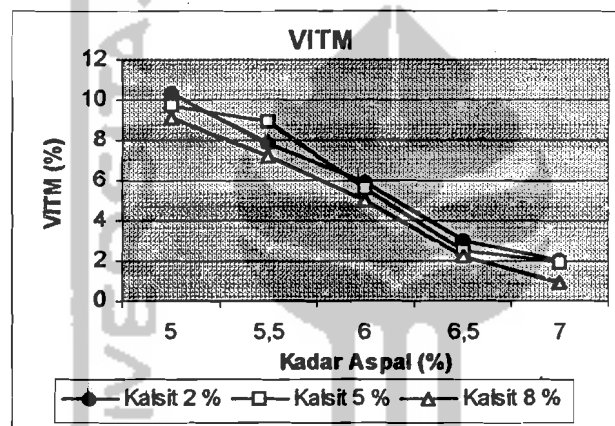
Nilai VITM campuran pada penelitian ini ditunjukkan oleh tabel 7.4. di bawah ini:

Tabel 7.4. Nilai VITM Hasil Uji Marshall

Persen Aspal	Persentase kandungan <i>filler</i> abu batu			Persentase Kandungan <i>filler</i> batu lintang (kalsit)		
	2%	5%	8%	2%	5%	8%
5%	13.03	12.12	11.76	10.34	9.75	9.126
5,5%	12.12	9.955	9.885	7.767	8.875	7.183
6%	9.004	7.759	6.472	5.862	5.617	5.014
6,5%	4.986	4.543	4.219	2.972	2.457	2.152
7%	4.118	3.726	3.837	2.007	1.924	0.868



Gambar 7.7. VITM Abu Batu



Gambar 7.8. VITM Kalsit

Dengan adanya variasi kadar *filler*, menghasilkan nilai VITM yang berlawanan dengan nilai density seperti terlihat pada gambar 7.7 dan 7.8. Pada kadar *filler* yang semakin meningkat maka nilai VITM akan menjadi semakin kecil. Hal ini dikarenakan *filler* mampu mengisi lebih banyak rongga-rongga yang terjadi.

Batu lintang (kalsit) mempunyai nilai VITM yang lebih rendah dibandingkan abu batu karena batu lintang (kalsit) mempunyai kemampuan mengisi rongga-rongga di dalam campuran yang lebih baik. Persen rongga yang disyaratkan adalah 3-5%. Lapis keras yang memiliki nilai VITM kurang dari 3% akan mudah mengalami

bleeding, ini terjadi pada temperatur perkerasan yang tinggi. Sebaliknya bila nilai VITM lebih besar dari 5% akan mengurangi sifat keawetan, karena rongga yang terjadi lebih besar maka lapis keras menjadi kurang rapat/kedap terhadap air ataupun udara.

7.1.5 Pengaruh terhadap VFWA

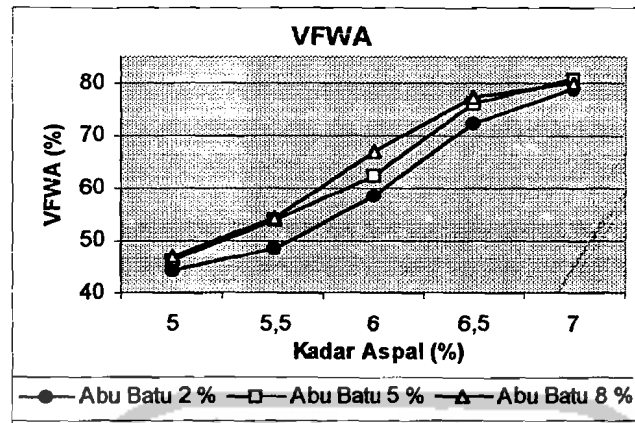
Nilai VFWA menunjukkan besarnya rongga yang dapat terisi oleh aspal. Besarnya nilai VFWA berpengaruh terhadap keawetan suatu perkerasan. Apabila VFWA besar berarti banyak rongga yang terisi aspal sehingga kedapatan campuran terhadap udara dan air menjadi lebih besar. Akan tetapi nilai VFWA yang terlalu besar dapat menyebabkan *bleeding*, yang disebabkan oleh rongga yang terisi terlalu kecil sehingga bila perkerasan menerima beban maka sebagian aspal akan mencari tempat kosong (rongga). Sebaliknya bila nilai VFWA terlalu kecil berarti rongga yang ada cukup besar. Kedapatan campuran perkerasan akan semakin kecil, karena air dan udara akan mengoksidasi aspal dalam campuran sehingga keawetan campuran berkurang.

Nilai VFWA yang didapatkan dari penelitian ini ditunjukkan oleh tabel 7.5.

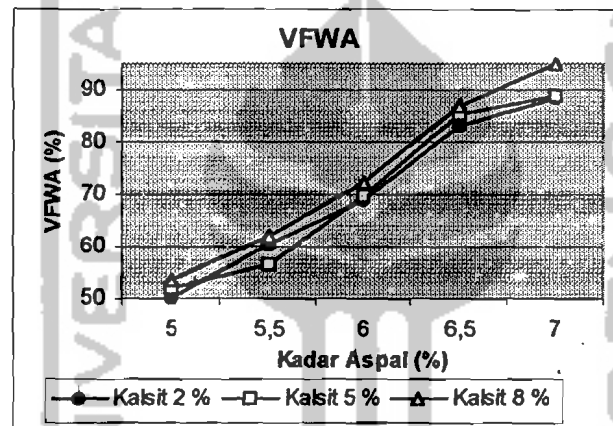
di bawah ini

Tabel 7.5. Nilai VFWA Hasil Uji Marshall

Persen Aspal	Persentase kandungan filler abu batu			Persentase Kandungan filler batu lintang (kalsit)		
	2%	5%	8%	2%	5%	8%
5%	44.108	45.967	47.038	50.164	51.852	53.603
5,5%	48.362	53.888	54.088	60.257	56.548	62.087
6%	58.565	62.462	66.955	68.796	69.762	72.232
6,5%	74.192	75.969	77.37	82.996	85.464	87.087
7%	78.949	80.647	80.158	88.574	88.992	94.866



Gambar 7.9. VFWA Abu Batu



Gambar 7.10. VFWA Kalsit

Dari tabel 7.5, gambar 7.9 dan 7.10 terlihat bahwa variasi kadar *filler* berpengaruh terhadap nilai VFWA. Pada kadar *filler* yang semakin tinggi terlihat bahwa nilai VFWA akan naik karena butir pengisi yang terselimuti aspal mengisi rongga yang ada lebih banyak. Dengan banyaknya butir pengisi ini menyebabkan persentase rongga yang terisi aspal akan semakin meningkat. Kecenderungan meningkatnya nilai VFWA seiring dengan naiknya kadar *filler*, baik untuk jenis *filler* batu lintang (kalsit) maupun abu batu. Dalam penelitian ini nilai VFWA campuran

yang menggunakan batu lintang (kalsit) lebih tinggi dari campuran yang menggunakan abu batu sebagai *filler*.

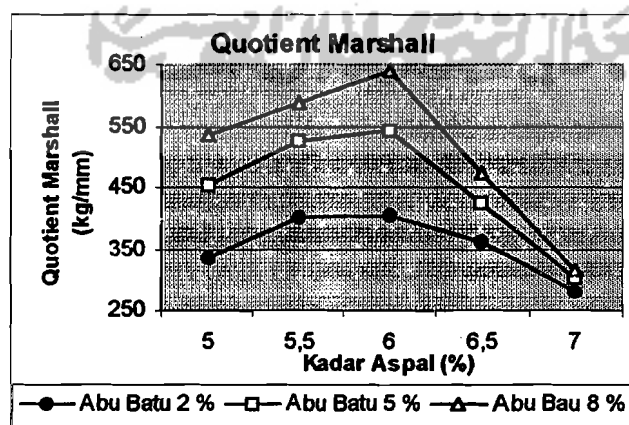
7.1.6 Pengaruh terhadap nilai QM (*Quotient Marshall*)

Nilai QM merupakan pendekatan terhadap tingkat kekakuan dan fleksibilitas dari suatu campuran. Apabila campuran memiliki nilai QM yang tinggi berarti campuran tersebut kaku dan fleksibilitasnya rendah. Sebaliknya bila nilai QM kecil, maka campuran akan fleksibel dan campuran menjadi plastis sehingga akan mengalami deformasi yang cukup besar pada waktu menerima beban.

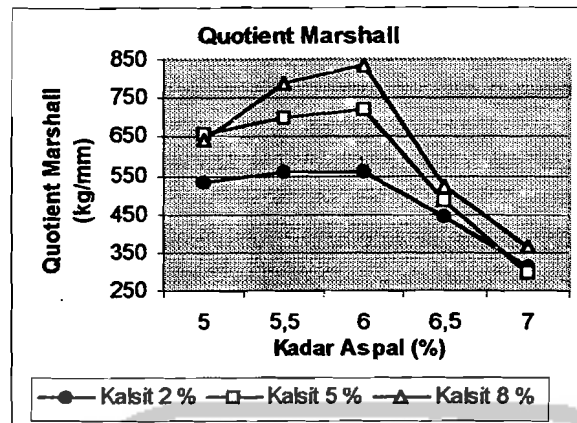
Nilai QM campuran pada penelitian ini ditunjukkan oleh tabel 7.6 sebagai berikut :

Tabel 7.6. Nilai *Quotient Marshall* Hasil Uji *Marshall*

Persen Aspal	Persentase kandungan <i>filler</i> abu batu			Persentase Kandungan <i>filler</i> batu lintang (kalsit)		
	2%	5%	8%	2%	5%	8%
5%	333.7	453.83	535.61	531.06	656.37	640.67
5,5%	400.16	524.53	588.59	555.8	700.34	789.14
6%	403.53	541.51	640.49	556.63	717.79	834.01
6,5%	360.16	422.88	474.42	445.3	486.5	522.09
7%	280.07	302.36	315.08	310.87	298.41	364.03



Gambar 7.11. QM Abu Batu



Gambar 7.12. QM Kalsit

Besarnya nilai QM sehubungan dengan perubahan kadar *filler* terlihat pada gambar 7.11 dan 7.12. Kecenderungan dari nilai QM hasil penelitian ini adalah semakin meningkatnya nilai QM. Hal ini disebabkan karena dengan semakin tingginya kadar *filler*, maka nilai stabilitasnya menjadi naik dan nilai *flow*-nya turun. Kondisi ini berlaku untuk semua jenis *filler* baik abu batu maupun batu lintang (kalsit).

7.1.7. Perhitungan kadar aspal optimum

Pada penelitian ini persyaratan yang digunakan untuk mendapatkan aspal optimum hanya meliputi nilai stabilitas, *flow*, VITM dan VFWA saja, hal ini berdasarkan atas Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (LASTON) No.13/PT/B/1983 Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Bina Marga, 1983. Contoh perhitungan penentuan kadar aspal optimum adalah sebagai berikut ini.

Kadar aspal optimum untuk *filler* abu batu 2 %

Tabel 7.7. Penentuan aspal optimum dengan jenis *filler* abu batu kadar 2 %

Spesifikasi	Kadar aspal				
	5	5,5	6	6,5	7
VITM					
STABILITY					
FLOW					
VFWA					
Kadar aspal optimum $= \left(\frac{6,5+7}{2} \right) = 6,75\%$					6,75

Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP, UH

Perhitungan nilai VITM untuk *filler* 2% abu batu dengan kadar aspal 5 % menggunakan rumus (7.1) – (7.4) di bawah ini.

$$k = (100 - i - j) \dots \dots \dots (7.1)$$

$$i = \frac{b \times g}{B_j.aspal} \dots \dots \dots (7.2)$$

$$j = \frac{(100 - b)g}{B_j.agregat} \dots \dots \dots (7.3)$$

$$g = \frac{c}{f} \dots \dots \dots (7.4)$$

Untuk nilai $g = 2,2351$ gr/cc , $i = 10,28$ % , $j = 76,68$ % , $b = 5\%$ (lihat tabel perhitungan Marshall lampiran 29), maka nilai $k = (100 - 10,28 - 76,68) = 13,3$ %.

Berdasarkan Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (LASTON) No.13/PT/B/1983 nilai VITM yang disyaratkan adalah 3 – 5 % maka nilai VITM untuk *filler* 2% abu batu dengan kadar aspal 5 % tidak memenuhi syarat.

Perhitungan nilai VFWA untuk *filler* 2% abu batu dengan kadar aspal 5 % menggunakan rumus (7.5) - (7.8) dibawah ini.

$$m = \left(100 \times \frac{i}{l} \right) \dots \dots \dots (7.5)$$

$$i = \frac{b \times g}{Bj.aspal} \dots \dots \dots (7.6)$$

$$l = (100 - j) \dots \dots \dots (7.7)$$

$$j = \frac{(100 - b)g}{Bj.agregat} \dots \dots \dots (7.8)$$

Untuk nilai $i = 10,28 \%$, $j = 76,68 \%$, $l = 23,32 \%$, $b = 5\%$ (lihat tabel perhitungan

Marshall lampiran 29), maka nilai $m = \left(100 \times \frac{10,28}{23,32} \right) = 44,108 \%$.

Berdasarkan Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (LASTON) No.13/PT/B/1983 nilai VFWA yang disyaratkan adalah 75 – 82 % maka nilai Untuk nilai $g = 2,2351 \text{ gr/cc}$, $i = 10,28 \%$, $j = 76,68 \%$, $b = 5\%$ (lihat tabel perhitungan Marshall lampiran 29), maka nilai $k = (100 - 10,28 - 76,68) = 13,3 \%$.

Perhitungan nilai stabilitas untuk *filler* 2% abu batu dengan kadar aspal 5 % adalah sebagai berikut :

$$q = p \times \text{koreksi tebal sampel}$$

$$p = o \times \text{kalibrasi proving ring (3.427 kg/Division)}$$

$$o = \text{pembacaan arloji stabilitas}$$

Untuk nilai :

$$o_1 = 488$$

$$p_1 = 488 \times 3,427 = 1672,38 \text{ kg/Division}$$

$$q_1 = 1672,38 \times 0,95 = 1588,76 \text{ kg}$$

$$o_2 = 369$$

$$p_2 = 369 \times 3,427 = 1264,56 \text{ kg/Division}$$

$$q_2 = 1264,56 \times 0,93 = 1176,04 \text{ kg}$$

$$o_3 = 272$$

$$p_3 = 272 \times 3,427 = 932,144 \text{ kg/Division}$$

$$q_3 = 932,144 \times 0,91 = 848,251 \text{ kg (lihat tabel perhitungan Marshall lampiran 29)}$$

Maka nilai $p_{rata-rata} = (p_1 + p_2 + p_3) / 3 = 1289,69 \text{ kg/Division}$ dan nilai $q_{rata-rata} = (q_1 + q_2 + q_3) / 3 = 1204,35 \text{ kg}$

Berdasarkan Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (LASTON) No.13/PT/B/1983 nilai stabilitas yang disyaratkan adalah minimum 750 kg maka nilai stabilitas untuk *filler* 2% abu batu dengan kadar aspal 5 % memenuhi syarat.

Perhitungan nilai *flow* untuk *filler* 2% abu batu dengan kadar aspal 5 % adalah sebagai berikut :

Nilai *flow* dapat langsung dilihat pada tabel perhitungan Marshall lampiran 29 yaitu sebesar = 3,63 mm.

Berdasarkan Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (LASTON) No.13/PT/B/1983 nilai *flow* yang disyaratkan adalah 2 – 4 mm maka nilai *flow* untuk *filler* 2% abu batu dengan kadar aspal 5 % memenuhi syarat.

Setelah semuanya di dapat kemudian hasilnya diplotkan dalam tabel dengan cara diberi garis seperti pada tabel 7.7 sesuai dengan persyaratan. Untuk nilai stabilitas dan *flow* masuk dalam spesifikasi Bina marga sedangkan nilai VITM hanya pada kadar aspal 6,5 % - 7 % yang sesuai dengan spesifikasi Bina Marga. Sehingga kadar aspal optimum didapat dengan cara menarik garis tengah antara nilai VITM

yang masuk pada kadar aspal 6,5 % dan nilai VITM yang masuk pada kadar aspal 7 % maka didapat kadar aspal optimum sebesar 6,75 %.

Untuk selanjutnya perhitungan kadar aspal optimum untuk jenis *filler* abu batu kadar 5 %, 8 %, dan jenis *filler* batu lintang (kalsit) kadar 2 %, 5 % dan 8 % sama seperti perhitungan kadar aspal optimum untuk jenis *filler* abu batu kadar 2 % di atas. Sehingga didapat hasil kadar aspal optimum lainnya adalah :

- a. Abu batu 5 % = 6,7 %
- b. Abu batu 8 % = 6,675 %
- c. Kalsit 2 % = 6,325 %
- d. Kalsit 5 % = 6,25 %
- e. Kalsit 8 % = 6,175 %

7.1.8. Hasil perhitungan *Marshall Test* dan *Immersion Test* dengan kadar aspal optimum

Tabel 7.8. Hasil perhitungan *Marshall Test* dengan kadar aspal optimum

Hasil Uji Marshall	Abu Batu			Kalsit		
	2 % <i>filler</i> 6,75 % aspal	5 % <i>filler</i> 6,7 % aspal	8 % <i>filler</i> 6,675 % aspal	2 % <i>filler</i> 6,325 % aspal	5 % <i>filler</i> 6,25 % aspal	8 % <i>filler</i> 6,175 % aspal
Stabilitas	1398,46	4101,87	1500,12	1163,4	1367,49	1463,79
Flow	3,83	3,6	3,47	3,77	3,53	3,4
VITM	3,943	3,669	3,341	2,772	2,541	2,355
QM	366,65	388,99	432,32	309,73	388,88	436,15

Tabel 7.9. Hasil perhitungan *Immersion Test* dengan kadar aspal optimum

Hasil Uji Marshall	Abu Batu			Kalsit		
	2 % filler 6,75 % aspal	5 % filler 6,7 % aspal	8 % filler 6,675 % aspal	2 % filler 6,325 % aspal	5 % filler 6,25 % aspal	8 % filler 6,175 % aspal
Stabilitas	1406,16	1454,24	1516,63	1204,42	1397,59	1495,6
Flow	3,6	3,4	3,3	3,63	3,4	3
VITM	2,258	2,853	2,983	2,757	2,5576	2,261
QM	397,16	433,86	465,39	333,41	412,82	500,72

Dari hasil *Immersion Test* menunjukkan bahwa terdapat kenaikan nilai stabilitas untuk campuran Laston yang menggunakan *filler* Kalsit pada perendaman 24 jam. Hal ini dikarenakan sifat Kalsit yang menyerupai semen dapat bereaksi dengan air sehingga menambah ikatan dalam campuran yang berdampak pada peningkatan nilai stabilitas campuran tersebut. Hal tersebut terjadi karena pada saat pencampuran antara aspal, agregat dan *filler*, aspal tidak dapat menyelimuti permukaan *filler* dengan baik sehingga terjadi ruang dimana permukaan *filler* tidak terselimuti aspal yang menyebabkan Kalsit sebagai *filler* dapat bereaksi dengan air yang berdampak peningkatan nilai stabilitas. Sedangkan pada campuran Laston yang menggunakan *filler* abu batu juga menunjukkan kenaikan nilai stabilitas pada uji perendaman 24 jam. Hal ini dikarenakan adanya perlakuan yang berbeda pada uji perendaman 30 menit dan 24 jam. Pada uji perendaman 24 jam berat sampel kering benda uji lebih berat dari benda uji pada perendaman 30 menit. Hal ini menyebabkan *density* benda uji pada perendaman 24 jam lebih besar dari benda uji pada perendaman 30 menit. Sehingga rongga dalam campuran lebih kecil, hal ini menyebabkan stabilitas benda uji perendaman 24 jam lebih tinggi dibanding benda uji perendaman 30 menit. Penelitian ini mempunyai perbedaan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh saudara Mushibin dan Tony Prasetyo W (1994)

dengan judul "Pengaruh Penggunaan Semen Portland dan Debu Batu Sebagai *Filler* Terhadap Perilaku Campuran SMA Dengan Gradasi Ideal" dimana stabilitas benda uji perendaman 24 jam lebih rendah. Hal ini dikarenakan tidak adanya perbedaan yang signifikan pada berat kering, *density*, dan VITM pada kedua benda uji.

Berdasarkan tabel 7.8 dan 7.9 di atas menunjukkan hasil uji perendaman *Marshall Test* yaitu selama 30 menit (S_1) dan *Immersion Test* yaitu selama 24 jam (S_2) didapat nilai stabilitas yang mengalami kenaikan. Uji *Immersion* ini mengacu pada AASHTO T.165-74 atau ASTM D.1075-54 (1969).

Contoh hasil perhitungan indeks tahanan campuran sebagai berikut ini.

Indeks tahanan campuran dari kadar aspal 6,675 % dengan *filler* abu batu 8 % menggunakan rumus (7.16) di bawah ini.

$$\begin{aligned} \text{Index of retained strength} &= \frac{S_2}{S_1} \times 100\% \dots\dots\dots (7.16) \\ &= \frac{1516,63}{1500,12} \times 100\% = 101,1\% > 75\% \end{aligned}$$

Indeks tahanan campuran dari kadar aspal 6,175 % dengan *filler* kalsit 8 %

$$\begin{aligned} \text{Index of retained strength} &= \frac{S_2}{S_1} \times 100\% \\ &= \frac{1495,6}{1463,79} \times 100\% = 102,17\% > 75\% \end{aligned}$$

Berdasarkan indeks tahanan kekuatan dari kedua campuran tersebut, menunjukkan bahwa campuran dengan *filler* kalsit memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap kerusakan oleh pengaruh air, suhu dan cuaca, dibandingkan campuran dengan *filler* abu batu. Nilai indeks tahanan kekuatan untuk kedua macam campuran semuanya memenuhi persyaratan Bina Marga, yaitu $> 75\%$.