

BAB V
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1. Hasil Penelitian

Hasil penelitian adalah merupakan data-data yang didapat dari penelitian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Universitas Islam Indonesia.

5.1.1. Pemeriksaan Bahan

5.1.1.1. Pemeriksaan Aspal

Hasil pengujian Aspal yang dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Universitas Islam Indonesia terdapat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil Penelitian aspal pen 60/70

No.	Jenis Pemeriksaan	Spesifikasi	Hasil	Satuan
1	Penetrasi 25 ⁰ C	60-79	61.7	0.1mm
2	Titik Lembek	48-58	54 ⁰	C
3	Titik Nyala	>200	324 ⁰	C
4	Daktilitas	>100	165	cm
5	Kelarutan dalam CCL4	>99	99.882	%
6	Berat Jenis	>1	1	-

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Jalan Raya FTSP UII

5.1.1.2. Pemeriksaan Agregat

Hasil penelitian Agregat yang dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Universitas Islam Indonesia seperti pada Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5.2 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar Clereng

No	Jenis Pemeriksaan	Spesifikasi	Hasil	Satuan
1	Keausan dengan mesin Los Angeles	Maks 40	30,58	%
2	Kelekatan Terhadap Aspal	Min 95	98	%
3	Penyerapan terhadap air	Maks 3	1,579	%
4	Berat jenis	Maks 2,5	2,725	-

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Jalan Raya FTSP UII

Agregat halus yang digunakan berasal dari dari Pasir dan *filler* dari pasir Clereng dan pasir dan *filler* abu vulkanik, hasil pemeriksaan agregat dapat dilihat pada Tabel 5.3 dan 5.4 berikut.

Tabel 5.3 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus Clereng

No	Jenis Pemeriksaan	Spesifikasi	Hasil	Satuan
1	Nilai Sand Equivalent	Min 50	67,31	%
2	Penyerapan agregat terhadap air	Maks 3	0,442	%
3	Berat jenis	Min 2,5	2.895	-

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Jalan Raya FTSP UII

Tabel 5.4 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus Vulkanik

No	Jenis Pemeriksaan	Spesifikasi	Hasil	Satuan
1	Nilai Sand Equivalent	Min 50	89,13	%
2	Penyerapan agregat terhadap air	Maks 3	0,746	%
3	Berat jenis	Min 2,5	2.874	-

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Jalan Raya FTSP UII

5.2 Pembahasan Pengujian *Marshall Test*

5.2.1 Pengaruh Agregat Vulkanik dan Kadar Aspal terhadap nilai Stabilitas

Nilai stabilitas menunjukkan besarnya kemampuan terjadinya deformasi berbanding lurus dengan naiknya kadar aspal sampai batas tertentu (batas

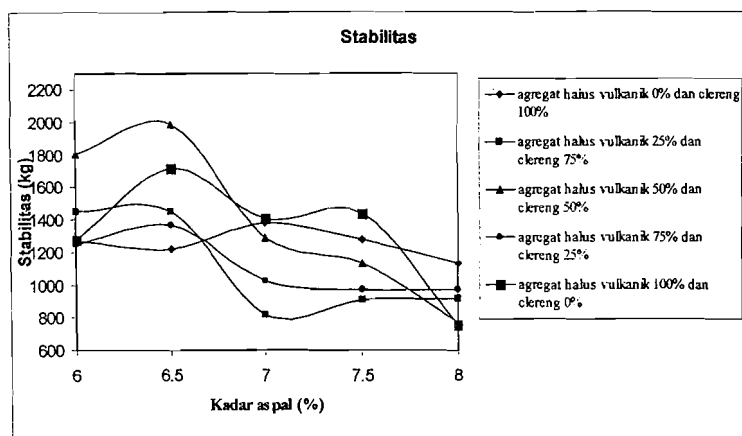


optimum) dan turun setelah melewati batas optimum, hal ini terjadi karena aspal sebagai bahan pengikat antara agregat dapat menjadi pelicin setelah melebihi batas. Stabilitas yang mempunyai nilai di atas nilai optimum akan mudah patah/retak-retak dikarenakan lapisan perkerasan menjadi kaku, sedangkan untuk nilai stabilitas di bawah nilai rentang optimum akan mudah mengalami *rutting* oleh beban kendaraan atau oleh perubahan bentuk tanah dasar (*subgrade*). Nilai Stabilitas dari hasil pengujian seperti pada Tabel 5.5 berikut.

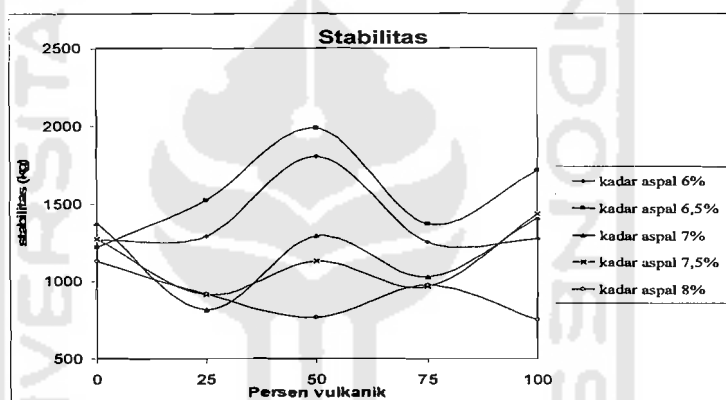
Tabel 5.5 Nilai Stabilitas Hasil Pengujian Marshall

	Kadar Agregat Halus		Kadar Aspal				
	Vulkanik (%)	Clereng (%)	6%	6,50%	7%	7,50%	8%
Stabilitas (kg)	100	0	1272.66	1714.27	1408.15	1434.81	752.00
	75	25	1497.22	1150.55	1023.72	966.21	890.78
	50	50	1788.63	2039.90	1289.86	1126.20	764.28
	25	75	1289.67	1523.20	813.41	909.71	914.47
	0	100	1295.35	1222.09	1377.43	1275.11	1130.56

Dari hasil pengujian penambahan agregat vulkanik menghasilkan kenaikan nilai stabilitas hingga penambahan agregat vulkanik 50%, hal ini disebabkan agregat clereng mempunyai bentuk agregat kubus yang mempunyai nilai *interlocking* yang baik serta bertambahnya jumlah agregat vulkanik yang mempunyai bentuk permukaan kasar sehingga menambah kekuatan campuran dalam menahan deformasi yang timbul dengan menghasilkan ikatan antar agregat semakin baik sehingga kemampuan menahan beban semakin besar, Seperti pada Grafik 5.1 dan 5.2 berikut.



Grafik 5.1 Hubungan Nilai Stabilitas dan Kadar Aspal dengan Variasi Variasi Agregat Vulkanik



Grafik 5.2 Hubungan Nilai Stabilitas dan Agregat vulkanik dengan Variasi Kadar Aspal

Setelah mencapai nilai stabilitas optimum pada penambahan agregat vulkanik 50% nilai stabilitas mengalami penurunan nilai, hal ini disebabkan berkurangnya agregat clereng sehingga agregat mempunyai bidang kontak yang mengecil dan bertambahnya agregat vulkanik yang mempunyai bentuk agregat yang bulat namun mempunyai permukaan yang lebih kasar, dimana dengan menggunakan jumlah agregat bulat lebih banyak menghasilkan luas bidang kontak lebih kecil sehingga menghasilkan daya *interlocking* lebih kecil dan kemampuan menahan beban dan deformasi yang relatif lebih kecil.

Penggunaan campuran dengan penambahan agregat halus vulkanik 100% mempunyai nilai stabilitas yang lebih besar dibandingkan agregat Clereng hal ini disebabkan agregat halus clereng mempunyai permukaan yang lebih halus dan menghasilkan sudut geser antar agregat semakin kecil sehingga kemampuan menahan deformasi lebih kecil, sehingga pada campuran dengan aspal agregat dengan permukaan kasar lebih baik dibandingkan dengan agregat permukaan halus, hal ini dikuatkan dengan adanya persamaan perubahan nilai, yaitu naiknya nilai stabilitas diikuti dengan nilai VITM dan VMA yang bertambah besar (lihat Tabel 5.6 dan 5.8).

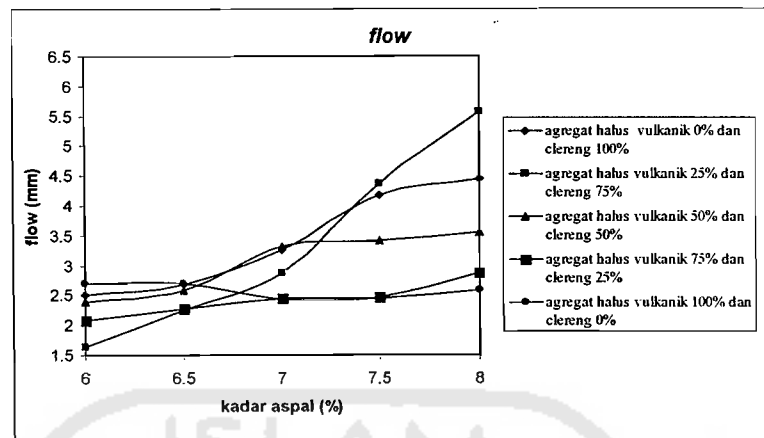
5.2.2 Pengaruh Agregat Vulkanik dan Kadar Aspal terhadap Nilai *Flow*

Flow adalah ketahanan dari lapis aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa deformasi, hal ini tercapai jika digunakan kadar aspal yang tinggi, semakin besar nilai *flow* akan menyebabkan cepatnya kelelahan campuran aspal dan menyebabkan perubahan bentuk, *bleeding* serta nilai elastisitasnya semakin besar, sedang campuran yang mempunyai nilai *flow* yang dibawah batas bawah, akan bersifat kaku dan getas karena kecilnya pori dalam campuran, nilai *flow* hasil pengujian seperti Tbel 5.6 berikut.

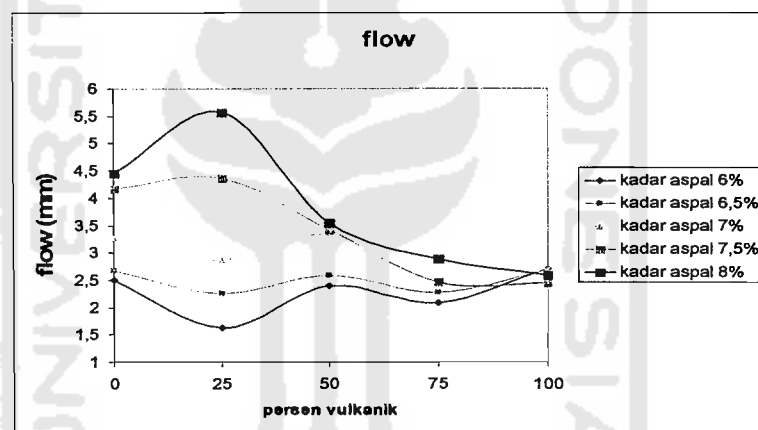
Tabel 5.6 Nilai *Flow* Hasil Pengujian Marshall

	Kadar Agregat Halus		Kadar Aspal				
	Vulkanik (%)	Clereng (%)	6%	6,50%	7%	7,50%	8%
<i>Flow</i> (mm)	100	0	2.70	2.70	2.43	2.45	2.58
	75	25	2.08	2.27	2.45	2.47	2.88
	50	50	2.40	2.58	3.33	3.42	3.55
	25	75	1.63	2.25	2.87	4.37	5.57
	0	100	2.50	2.68	3.27	4.17	4.45

Hasil pengujian menunjukkan kenaikan nilai *flow*, dikarenakan bertambahnya jumlah aspal dan mengecilnya bidang kontak diantara butiran agregat, Nilai *flow* dari hasil pengujian seperti pada grafik 5.3 dan 5.4 berikut.



Grafik 5.3 Hubungan Nilai *Flow* dan Kadar Aspal dengan Variasi Variasi Agregat Vulkanik



Grafik 5.4 Hubungan Nilai *Flow* dan Agregat vulkanik dengan Variasi Kadar Aspal

Hasil pengujian campuran menghasilkan penambahan agregat halus vulkanik 50% mengalami penurunan nilai, hal ini disebabkan agregat vulkanik mempunyai mempunyai tekstur permukaan yang kasar dan banyaknya pori di pada agregat, sehingga ikatan antar batuan atau sifat mengunci lebih bagus disebabkan permukaan kasar dan berpori yang menyebabkan stabilitas tinggi dan campuran cenderung kaku.

Dengan semakin banyaknya penambahan agregat vulkanik menghasilkan nilai *flow* lebih kecil dibandingkan agregat clereng, hal ini disebabkan agregat vulkanik mempunyai permukaan kasar dan berpori yang menyebabkan sudut geser dalam antar partikel bertambah besar sehingga menambah kemampuan menahan deformasi yang lebih kuat dan menghasilkan ikatan antar partikel yang lebih baik

Agregat halus Clereng mempunyai pori permukaan yang lebih kecil dibandingkan agregat vulkanik yang menyebabkan aspal akan diserap lebih kecil karena agregat clereng dan menghasilkan daya ikatan antar agregat yang lebih kecil dan mempunyai tingkat kestabilan relatif lebih kecil.

5.2.3 .Pengaruh Agregat Vulkanik dan Kadar Aspal terhadap Nilai Volume Pori Dalam Aspal Padat (VITM)

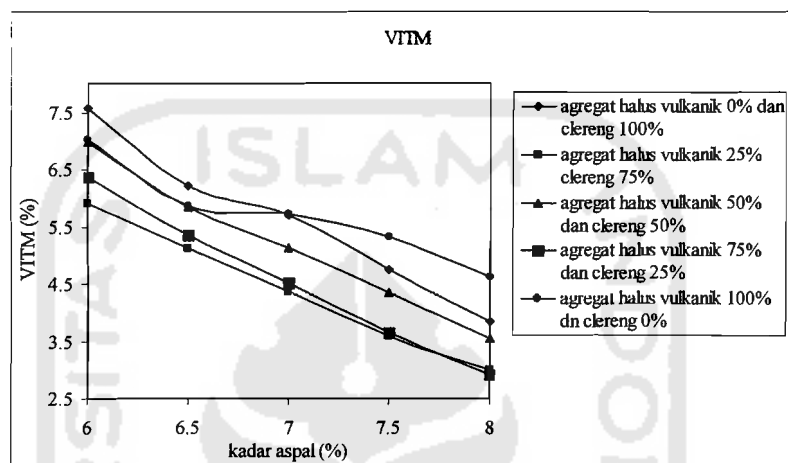
VITM yaitu banyaknya pori yang berada dalam beton aspal yang dipadatkan, adalah banyaknya pori diantara butir-butir agregat yang diselimuti aspal yang telah dipadatkan, merupakan indikator dari durabilitas, kemungkinan *bleeding*, VITM dipengaruhi bentuk agregat dan kemampuan penyerapan agregat.

Hasil pengujian dengan penambahan kadar aspal dari 6- 8 % mengalami penurunan nilai VITM, yang menyerupai kebalikan karakteristik VMA hal ini terjadi karena nilai VITM akan semakin kecil dengan bertambahnya kadar aspal dikarenakan rongga udara yang terisi aspal (VFWA) semakin besar, seperti pada Tabel 5.7 berikut.

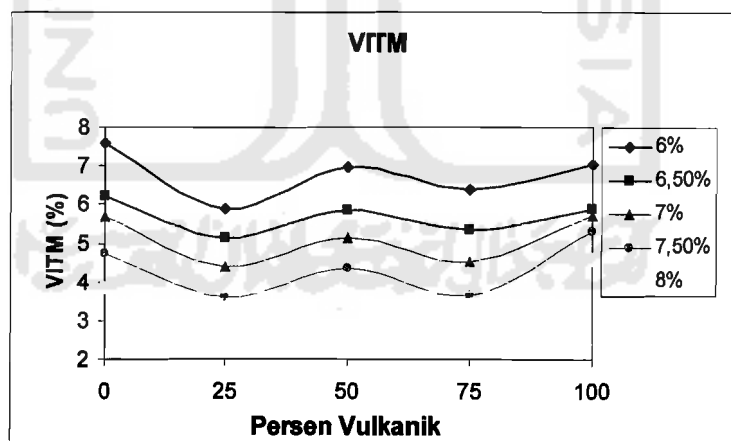
Tabel 5.7 Nilai VITM Hasil Pengujian Marshall

VITM (%)	Kadar Agregat Halus		Kadar Aspal				
	Vulkanik (%)	Clereng (%)	6%	6,50%	7%	7,50%	8%
	100	0	7.04	5.87	5.73	5.32	4.62
75	25	6.38	5.37	4.52	3.65	2.92	
50	50	6.98	5.86	5.14	4.35	3.56	
25	75	5.91	5.14	4.38	3.60	3.01	
0	100	7.58	6.23	5.70	4.75	3.85	

Hasil pengujian mengasilkan data bahwa dengan penambahan agregat vulkanik 50% menghasilkan kenaikan nilai VITM, hal ini disebabkan agregat mempunyai permukaan kasar namun berpori yang mempunyai penyerapan terhadap aspal lebih banyak sehingga aspal yang menyelimuti agregat akan lebih tipis sehingga dengan penambahan agregat vulkanik semakin banyak menghasilkan volume pori semakin besar, seperti pada Tabel 5.5 dan 5.6 berikut.



Grafik 5.5 Hubungan Nilai VITM dan Kadar Aspal dengan Variasi Variasi Agregat Vulkanik



Grafik 5.6 Hubungan Nilai VITM dan Agregat vulkanik dengan Variasi Kadar Aspal

Pengujian terhadap penggunaan agregat Clereng 100% menghasilkan nilai VITM lebih besar disebabkan agregat mempunyai tekstur permukaan yang agregat mempunyai pori agregat yang sedikit dan nilai penyerapan yang lebih kecil dibanding agregat vulkanik, menyebabkan aspal yang menyelimuti agregat lebih banyak namun dengan nilai penyerapan yang lebih kecil menghasilkan air yang diresapi agregat semakin kecil sehingga pori di dalam campuran menjadi lebih besar.

5.2.4 Pengaruh Agregat Vulkanik dan Kadar Aspal terhadap Nilai Volume Pori Dalam Agregat Campuran (VMA)

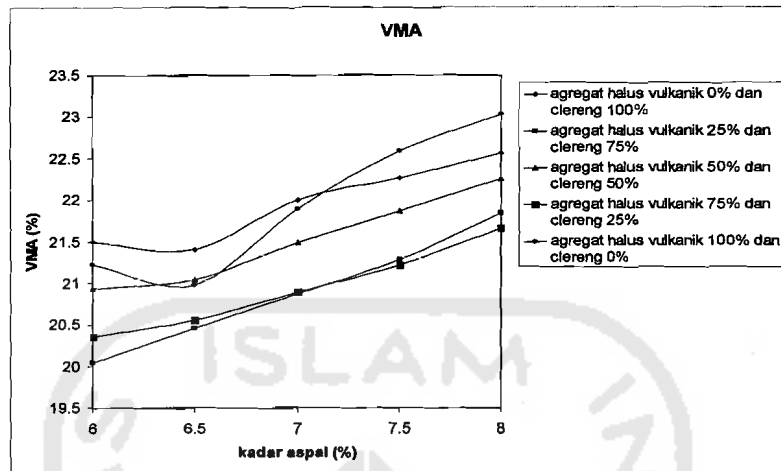
Volume pori dalam agregat campuran (*VMA=void in the mineral aggregate*), adalah banyaknya pori diantara butir-butir agregat di dalam beton aspal padat, nilai VMA dipengaruhi nilai berat jenis *bulk* dan penycrapan agregat dari beton aspal padat, kadar agregat, % terhadap berat beton aspal padat dan berat jenis *bulk* dari agregat pembentuk beton aspal padat angka VMA merupakan indikator dari durabilitas, nilai VMA hasil pengujian seperti Tabel 5.8 berikut.

Tabel 5.8 Nilai VMA Hasil Pengujian *Marshall*

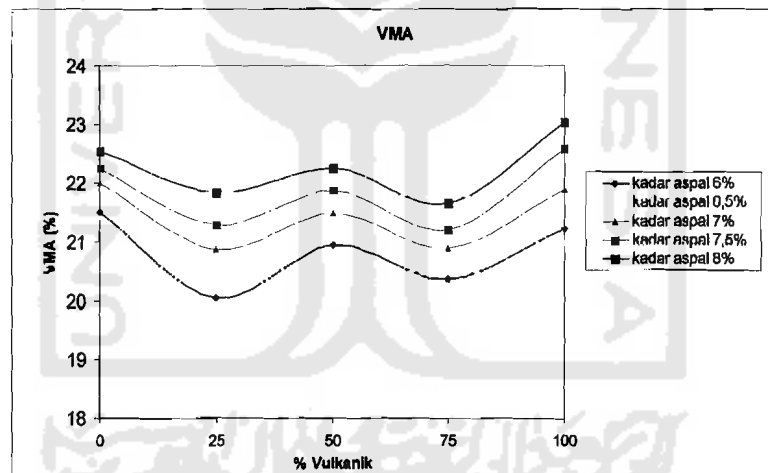
VMA (%)	Kadar Agregat Halus		Kadar Aspal				
	Vulkanik (%)	Clereng (%)	6%	6,50%	7%	7,50%	8%
	100	0	21.22	20.98	21.90	22.59	23.03
75	25	20.36	20.56	20.89	21.21	21.66	
50	50	20.94	21.04	21.48	21.87	22.25	
25	75	20.05	20.46	20.87	21.28	21.84	
0	100	21.50	21.41	22.00	22.26	22.56	

Dari data hasil uji *marshall*, terlihat bahwa agregat vulkanik dan Agregat clereng relatif mempunyai pola yang sama, dimana dengan penambahan kadar aspal mengalami kenaikan sesuai dengan metode *Marshall*, dengan definisi bahwa nilai VMA atau volume rongga dalam beton padat jika seluruh selimut aspal di abaikan (rongga antar butir agregat), VMA dipengaruhi tekstur permukaan,

bentuk butiran, pemadatan, dan penyerapan air oleh agregat. Nilai VMA dari hasil pengujian seperti grafik 5.7 dan 5.8 berikut.



Grafik 5.7 Hubungan Nilai VMA dan Kadar Aspal dengan Variasi Variasi Agregat Vulkanik



Grafik 5.8 Hubungan Nilai VMA dan Agregat Vulkanik dengan Variasi Kadar Aspal

Penambahan agregat vulkanik menghasilkan kenaikan nilai VMA pada penambahan agregat halus vulkanik 50%, naiknya nilai VMA disebabkan berkurangnya *interlocking* antar agregat dikarenakan volume agregat Clereng

yang mempunyai bentuk kubus dan bidang kontak agregat yang lebih luas, sehingga dengan bertambahnya agregat vulkanik yang mempunyai bentuk agregat bulat menyebabkan kemampuan partikel agregat saling bersentuhan dengan luas bidang kontak semakin kecil dan dengan bertambahnya agregat vulkanik yang mempunyai permukaan berporos sehingga pada kadar aspal yang sama akan membutuhkan jumlah aspal yang lebih banyak dikarenakan adanya aspal yang masuk kedalam pori agregat.

Penggunaan agregat halus Clereng menghasilkan nilai VMA yang lebih kecil dibandingkan penggunaan agregat halus vulkanik dikarenakan agregat Clereng mempunyai bentuk kubus (*cubical*) yang mempunyai bidang kontak lebih besar sehingga memberikan nilai kerapatan antar agregat yang lebih besar serta dengan dan pori permukaan yang lebih kecil, menyebabkan aspal dapat menyelimuti agregat dengan baik, sehingga pori dalam campuran agregat lebih kecil.

Pada pengujian benda uji penggunaan kedua agregat menghasilkan nilai VMA diatas nilai batas sebesar 18%, sehingga kedua agregat mempunyai kemampuan menghasilkan nilai pori antar agregat yang baik.

5.2.5 Pengaruh Agregat Vulkanik dan Kadar Aspal terhadap Nilai Volume Pori Antar Butir Agregat Terisi Aspal (VFWA)

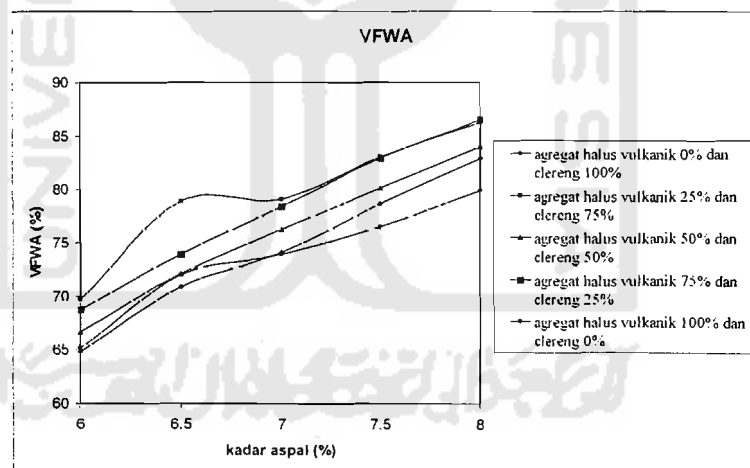
VFWA adalah bagian dari VMA yang terisi oleh aspal, tidak termasuk didalamnya aspal yang terabsorpsi oleh masing-masing agregat, dengan demikian aspal yang mengisi VFWA adalah aspal yang berfungsi untuk menyelimuti butir-butir agregat didalam beton aspal, dengan kata lain VFWA inilah yang merupakan presentase volume berton aspal padat yang menjadi *film* atau selimut aspal.

Dengan jumlah volume pori agregat yang besar didalam aspal, maka selimut aspal lebih tipis dan menyebabkan berkurangnya durabilitas beton aspal, sebaliknya jika terabsorpsi sedikit maka selimut aspal akan tebal, durabilitas beton aspal lebih baik. Nilai VFWA dari hasil pengujian seperti Tabel 5.9 berikut.

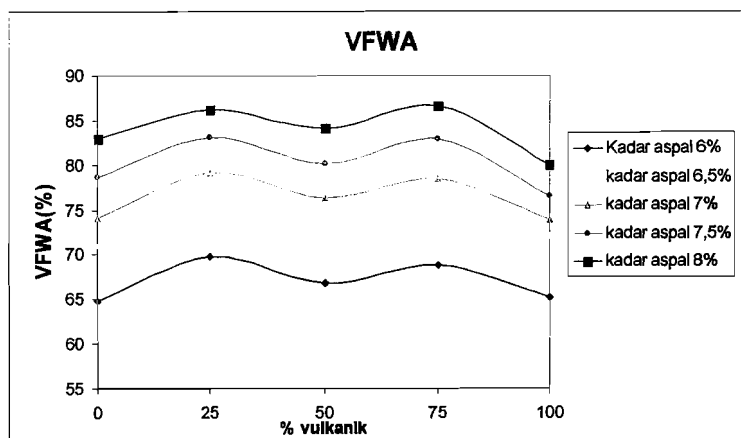
Tabel 5.9 Nilai VFWA Hasil Pengujian *Marshall*

VFWA (%)	Kadar Agregat Halus		Kadar Aspal				
	Vulkanik (%)	Clereng (%)	6%	6,50%	7%	7,50%	8%
	100	0	65.17	72.01	73.86	76.56	79.96
75	25	68.73	73.98	78.37	82.89	86.53	
50	50	66.65	72.14	76.22	80.14	84.03	
25	75	69.75	78.87	79.10	83.08	86.22	
0	100	64.76	70.93	74.12	78.66	82.93	

Dari hasil pengujian nilai VFWA mengalami kenaikan dengan penambahan kadar aspal, terlihat bahwa kenaikan dikarenakan dengan bertambahnya jumlah aspal dan berkurangnya volume agregat dalam campuran akan menambah jumlah pori terlihat bahwa nilai terbesar berada pada kadar aspal 8% hal ini sesuai dengan metode yang dikemukakan metode *Marshall*, Volume aspal yang menyelimuti butir-butir agregat terpengaruh terhadap naiknya nilai VMA dan VITM, seperti pada Grafik 5.9 dan 5.10 berikut.



Grafik 5.9 Hubungan Nilai VFWA dan Kadar Aspal dengan Variasi Variasi Agregat Vulkanik



Grafik 5.10 Hubungan Nilai VFWA dan Agregat vulkanik dengan Variasi Kadar Aspal

Penambahan agregat vulkanik mengalami penurunan dimulai pada agregat vulkanik 50% disebabkan bentuk agregat yang bulat dan berpori dan nilai penyerapan yang besar mengakibatkan luas daerah yang harus diselimuti aspal berkurang sehingga aspal yang menyelimuti agregat akan lebih tipis dan nilai pori antar agregat yang terselimuti aspal pada penggunaan sebagai agregat halus vulkanik relatif semakin besar yang menyebabkan penurunan nilai VFWA, dimana penurunan nilai VFWA diikuti dengan naiknya nilai VITM.

Agregat Clereng 100% mempunyai nilai VFWA yang lebih besar dibandingkan agregat vulkanik disebabkan agregat mempunyai permukaan dengan pori yang lebih kecil serta bentuk agregat kubus yang mempunyai *interlocking* yang baik serta kemampuan penyerapan yang lebih kecil, sehingga aspal yang diresapi agregat lebih sedikit dan menyebabkan agregat yang terselimuti aspal semakin baik.

5.2.6 Pengaruh Agregat Vulkanik dan Kadar Aspal terhadap Nilai *Density*.

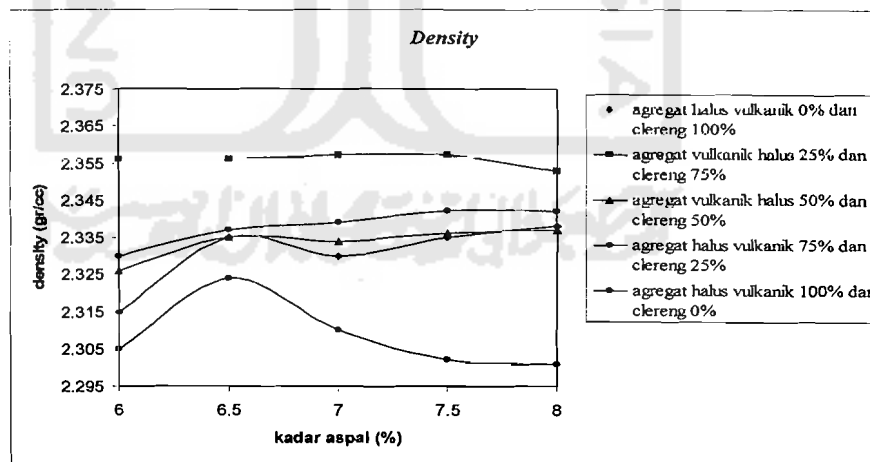
Nilai *density* menunjukkan tingkat kepadatan suatu campuran perkerasan agregat dan aspal, nilai kepadatan menunjukkan kerapatan campuran yang telah dipadatkan, semakin besar nilai *density*, kerapatan dan kepadatan campuran

semakin baik sehingga kemampuan perkerasan untuk menahan beban besar semakin besar, seperti Tabel 5.10 berikut.

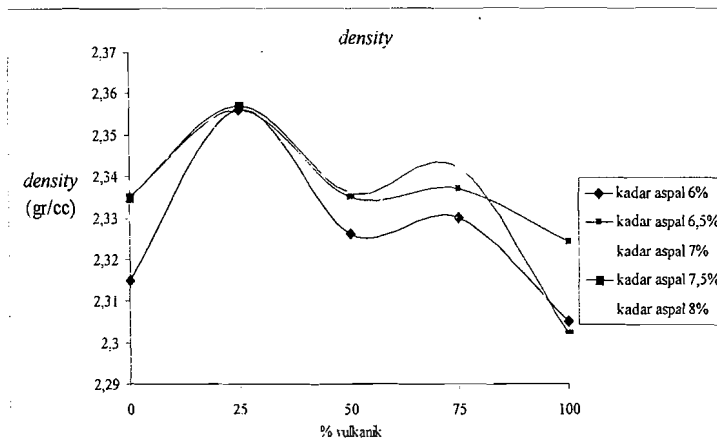
Tabel 5.10 Nilai *Density* Hasil Pengujian *Marshall*

<i>Density</i>	Kadar Agregat Halus		Kadar Aspal				
	Vulkanik (%)	Clereng (%)	6%	6,50%	7%	7,50%	8%
	100	0	2.31	2.32	2.31	2.30	2.30
75	25	2.33	2.34	2.34	2.34	2.34	
50	50	2.33	2.34	2.33	2.34	2.34	
25	75	2.36	2.36	2.36	2.36	2.35	
0	100	2.32	2.34	2.33	2.34	2.34	

Dari hasil pengujian dengan penambahan kadar aspal terlihat bahwa terjadi kenaikan nilai kepadatan (*density*) dengan bertambahnya aspal yang menyelimuti agregat ketika menahan beban, nilai *density* dipengaruhi penyerapan agregat dan bentuk serta sifat agregat yang digunakan, hal ini disebabkan dengan bertambah tebalnya selimut aspal terhadap agregat campuran semakin rapat dan lebih padat. nilai *density* dari hasil pengujian seperti pada Grafik 5.11 dan 5.12 berikut.



Grafik 5.11 Hubungan Nilai *Density* dan Kadar Aspal dengan Variasi Variasi Agregat Vulkanik



Grafik 5.12 Hubungan Nilai *Density* dan Agregat vulkanik dengan Variasi Kadar Aspal

Penambahan agregat vulkanik menghasilkan penurunan nilai *density* dimulai pada agregat vulkanik 50%, hal ini disebabkan bertambah agregat vulkanik yang mempunyai bentuk agregat bulat dan berporous sehingga ikatan antar agregat dalam campuran menjadi lebih kecil, nilai kerapatan yang lebih kecil juga disebabkan kemampuan agregat vulkanik dalam penyerapan yang lebih besar menyebabkan banyaknya air yang diserap sehingga penurunan nilai *density*.

Penurunan nilai *density* agregat vulkanik juga dapat dilihat dari nilai pori, dimana dengan semakin banyaknya agregat vulkanik menghasilkan kenaikan nilai pori pada penambahan agregat vulkanik 25% dan 75%, sehingga dengan semakin besar pori dalam campuran menghasilkan nilai kepadatan campuran yang lebih kecil terlihat pada grafik VITM (lihat grafik 5.5 dan 5.6.)

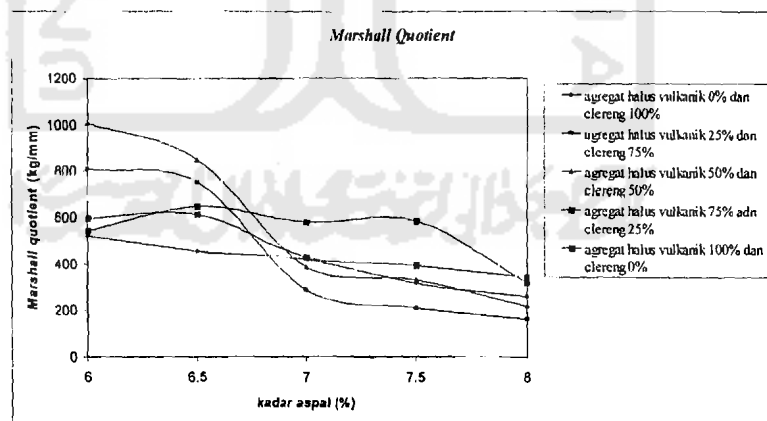
5.2.7 Pengaruh Agregat Vulkanik dan Kadar Aspal terhadap Nilai *Marshall Quotient*.

Marshall Quotient (MQ) adalah nilai bagi stabilitas dan *flow*, sebagai parameter sifat campuran, nilai MQ mengalami penurunan dikarenakan dengan naiknya nilai stabilitas dan nilai *flow* menghasilkan campuran dengan nilai yang memenuhi persyaratan Puslitbang Bina Marga 1998 yaitu 200-500 kg. seperti pada Tabel 5.11 berikut.

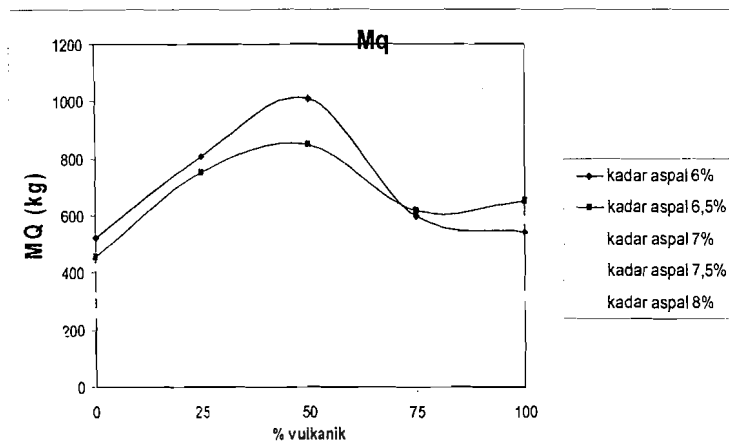
Tabel 5.11 Nilai *Marshall Quotient* Hasil Pengujian *Marshall*

<i>Marshall Quotient</i> (Kg/mm)	Kadar Agregat Halus		Kadar Aspal				
	Vulkanik (%)	Clereng (%)	6%	6,50%	7%	7,50%	8%
	100	0	543.13	649.52	579.98	585.97	319.74
75	25	727.79	520.75	430.52	394.26	322.51	
50	50	1008.50	850.78	388.54	331.69	220.43	
25	75	808.22	753.00	287.55	210.42	164.55	
0	100	521.09	457.03	421.80	317.66	259.43	

Agregat clereng dengan nilai stabilitas yang rendah dan nilai *flow* yang besar menyebabkan campuran mengalami deformasi di karenakan antara angka pori dalam campuran yang semakin besar sehingga dengan bertambahnya butir agregat baru dan kadar aspal semakin besar nilai *density* semakin besar, dengan penambahan kadar aspal di dalam campuran, penggunaan agregat Clereng menghasilkan nilai *Marshall Quotient* (mq) masuk persyaratan Puslitbang Jalan, dikarenakan seiring naiknya nilai stabilitas nilai *flow* agregat Clereng mengalami kenaikan. Nilai *Marshall Quotient* dari hasil penelitian seperti pada grafik 5.13 dan 5.14.



Grafik 5.13 Hubungan Nilai *Marshall Quotient* dan Kadar Aspal dengan Variasi Variasi Agregat Vulkanik



Grafik 5.14 Hubungan Nilai *Marshall Quotient* dan Agregat vulkanik dengan Variasi Kadar Aspal

Penggunaan penambah agregat vulkanik menghasilkan nilai berat jenis yang berbeda dikarenakan agregat yang tidak homogen dan berkurangnya *interlocking* antar agregat dalam campuran, yang menyebabkan naiknya nilai stabilitas dan nilai *flow* yang mengecil.

Untuk mendapatkan nilai *Marshall Quotient* yang memenuhi persyaratan dimungkinkan dengan menggunakan agregat halus vulkanik yang tidak dominan karena dengan penggunaan persentase agregat vulkanik yang optimum (100%) menghasilkan nilai stabilitas yang semakin besar karena agregat vulkanik mempunyai sifat penyerapan air yang besar yang semakin besar dengan ditambahkan agregat yang sejenis, agregat vulkanik mempunyai berat jenis yang kecil dan angka pori kecil dan penyerapan yang besar dibandingkan agregat Clereng menghasilkan nilai *flow* yang kecil sehingga penggunaan agregat vulkanik yang besar menghasilkan nilai bagi *marshall quotient* menjadi semakin besar. menyebabkan nilai melebihi batas maksimum, sehingga campuran menjadi getas, mudah patah (*cracking*).

Nilai KAO campuran agregat vulkanik 100% = $\frac{6,9 + 7,5}{2} = 7,22$

2

Tabel 5.13 Kadar aspal Optimum Campuran 75% Agregat Vulkanik dan Clereng 25%

Spesifikasi					
VMA	—————				
VFWA	—————				
VITM	—————				
Stabilitas	—————				
MQ	—————				
flow	—————				
Kadar Aspal (%)	6%	6,5%	7%	7,5%	8%
		6,96			7,74

Nilai KAO campuran agregat vulkanik 75% = $\frac{6,96 + 7,74}{2} = 7,35$

2

Tabel 5.14 Kadar aspal Optimum Campuran 50 % Agregat Vulkanik dan Clereng 50%

Spesifikasi					
VMA	—————				
VFWA	—————				
VITM	—————				
Stabilitas	—————				
MQ	—————				
flow	—————				
Kadar Aspal (%)	6%	6,5%	7%	7,5%	8%
			7,26	7,5	

Nilai KAO campuran agregat vulkanik 50% = $\frac{7,26 + 7,5}{2} = 7,38$

2

Tabel 5.15 Kadar aspal Optimum Campuran 25 % Agregat Vulkanik dan Clereng 75%

Spesifikasi					
VMA	—————				
VFWA	—————				
VITM	—————				
Stabilitas	—————				
MQ	—————				
<i>flow</i>	—————				
Kadar Aspal (%)	6%	6,5%	7%	7,5%	8%

7,08

7,5

Nilai KAO campuran agregat vulkanik 25% = $\frac{7,08 + 7,5}{2} = 7,29$

2

Tabel 5.16 Kadar aspal Optimum Campuran 0% Agregat Vulkanik dan Clereng 100%

Spesifikasi					
VMA	—————				
VFWA	—————				
VITM	—————				
Stabilitas	—————				
MQ	—————				
<i>flow</i>	—————				
Kadar Aspal (%)	6%	6,5%	7%	7,5%	8%

6,99

7,31

Nilai KAO campuran agregat vulkanik 0 % = $\frac{6,99 + 7,31}{2} = 7,15$

2

5.3 Pembahasan Pengaruh Perendaman Agregat Vulkanik dan Kadar Aspal pada Kadar Aspal Optimum (KAO).

Hasil pengujian didapat berdasarkan data pengujian perendaman benda uji selama 0,5 jam (S_1) dan perendaman 24jam (S_2) dihasilkan data seperti Tabel 5.16 berikut.

Tabel 5.17 Nilai Hasil Pengujian *Marshall* Kadar Aspal Optimum

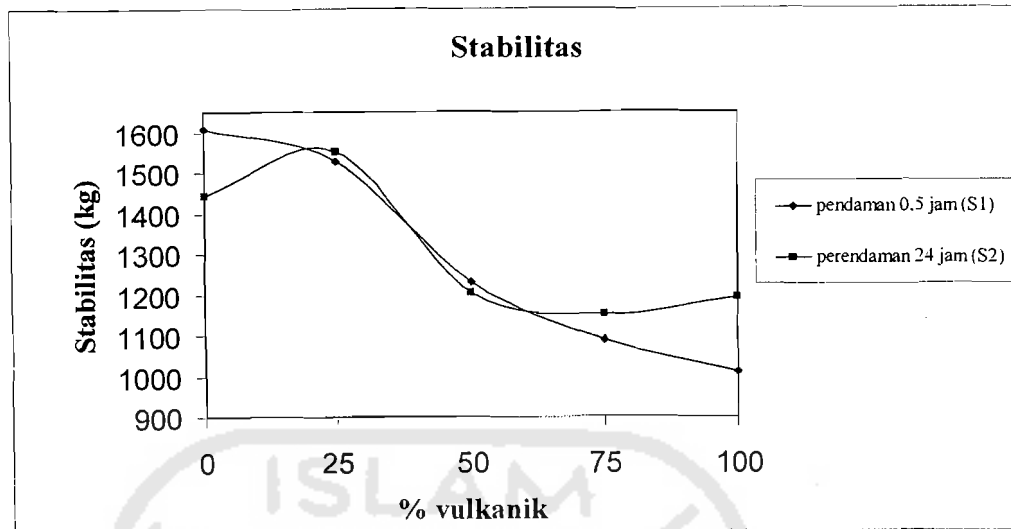
<i>density</i>	Vulkanik (%)	Clereng (%)	Perendaman 0,5 jam (S_1)	Perendaman 24 jam (S_1)	KAO (%)
	100	0	2.31	2.31	7.22
	75	25	2.31	2.32	7.35
	50	50	2.31	2.33	7.38
	25	75	2.32	2.35	7.29
	0	100	2.32	2.33	7.15
<i>flow (mm)</i>	Vulkanik (%)	Clereng (%)	Perendaman 0,5 jam (S_1)	Perendaman 24 jam (S_1)	KAO (%)
	100	0	2.133	2.7	7.22
	75	25	2.967	3.167	7.35
	50	50	3.083	3.483	7.38
	25	75	3.633	4.433	7.29
	0	100	4.25	4.383	7.15
VMA(%)	Vulkanik (%)	Clereng (%)	Perendaman 0,5 jam (S_1)	Perendaman 24 jam (S_1)	KAO (%)
	100	0	22.4	22.3	7.22
	75	25	27.37	27.1	7.35
	50	50	22.69	22.05	7.38
	25	75	22.76	21.83	7.29
	0	100	22.61	22	7.15
VFWA (%)	Vulkanik (%)	Clereng (%)	Perendaman 0,5 jam (S_1)	Perendaman 24 jam (S_1)	KAO (%)
	100	0	74.32	74.76	7.22
	75	25	65.32	66.24	7.35
	50	50	74.76	77.5	7.38
	25	75	78.06	82.26	7.29
	0	100	73.23	75.91	7.15

Tabel 5.17 (Lanjutan)

VITM (%)	Vulkanik (%)	Clereng (%)	Perendaman 0,5 jam (S ₁)	Perendaman 24 jam (S ₁)	KAO (%)
	100	0	5.76	5.63	7.22
	75	25	9.5	5.35	7.35
	50	50	5.74	4.96	7.38
	25	75	5.02	3.87	7.29
	0	100	6.06	5.31	7.15
Stabilitas (kg)	Vulkanik (%)	Clereng (%)	Perendaman 0,5 jam (S ₁)	Perendaman 24 jam (S ₁)	KAO (%)
	100	0	1009.91	1192.85	7.22
	75	25	1231.41	1205.95	7.35
	50	50	1556.85	1253.85	7.38
	25	75	1528.48	1552.16	7.29
	0	100	1607.66	1444.67	7.15
Marshall Quotient (Kg/mm)	Vulkanik (%)	Clereng (%)	Perendaman 0,5 jam (S ₁)	Perendaman 24 jam (S ₁)	KAO (%)
	100	0	502.63	441.64	7.22
	75	25	373.2	495.97	7.35
	50	50	463.4	490.29	7.38
	25	75	423.5	351.88	7.29
	0	100	373.17	443.38	7.15

5.4.1. Pengaruh Agregat Vulkanik dan Kadar Aspal terhadap Nilai Immersion Test Kadar Aspal Optimum (KAO)

Hasil pengujian menghasilkan nilai stabilitas penggunaan agregat Clereng dan agregat halus vulkanik mengalami perubahan nilai stabilitas dapat dilihat pada grafik 5.15 berikut.

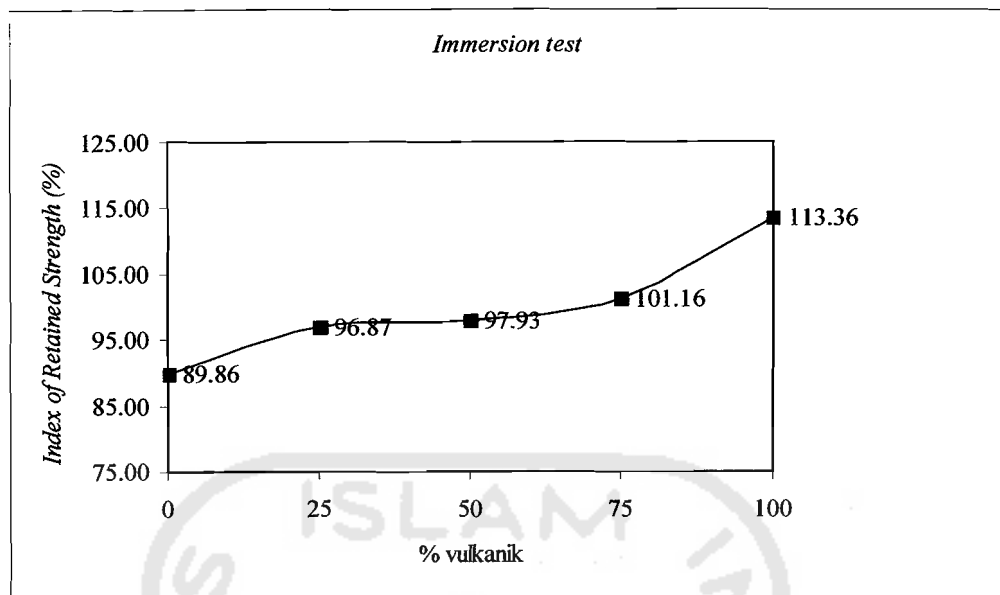


Grafik 5.15 Nilai Stabilitas Kadar Aspal Optimum Dengan Variasi Penambahan Agregat Halus Clereng

Adalah uji perendaman *Marshall* yang bertujuan untuk mengetahui perubahan karakteristik dari campuran akibat pengaruh campuran beton aspal padat, agregat, air, dan suhu, pengujian ini untuk mengetahui karakteristik campuran, Hasil perhitungan yang digunakan yaitu membandingkan nilai stabilitas campuran rendaman 24 jam pengujian *immersion* (S_2) dengan stabilitas perendaman biasa yaitu 0,5jam (S_1) dapat dilihat pada Tabel 5.18 dan grafik 5.16 berikut.

Tabel 5.18 Hasil Uji *Marshall* nilai *Immersion test*

Agregat		Perendaman 0,5jam (S_1) Kg	Perendaman 24 jam (S_2) Kg	<i>ImmersionTest</i> (%)
Vulkanik (%)	Clereng (%)			
100	0		1192,85	118,11
75	25	1089,08	1150,87	105,67
50	50	1231,41	1205,95	97,93
25	75	1528,48	1552,16	101,55
0	100	1607,66	1444,67	89,86



Grafik 5.16 Hasil Uji Marshall nilai *Immersion test* Benda uji Dengan Variasi Penambahan Agregat Halus Clereng

Dari pengujian didapat data bahwa penggunaan agregat vulkanik menyebabkan angka *immersion* yang lebih besar yaitu 118,11 % pada campuran agregat halus vulkanik dibandingkan agregat Clereng 89,86%, berdasarkan hasil pengujian penambahan agregat vulkanik mempunyai peningkatan nilai ketahanan terhadap kerusakan oleh air, suhu dan cuaca dikarenakan agregat vulkanik mempunyai unsur penyusun material seperti semen yaitu SiO_2 , Fe_2O_3 , CaO , MgO adalah unsur penyusun seperti yang semakin kuat dengan semakin lamanya perendaman. Nilai Indeks ketahanan kekuatan kedua campuran memenuhi persyaratan Bina Marga yaitu $\geq 75\%$, dari hasil pengujian didapatkan kesimpulan bahwa agregat vulkanik 100% mempunyai nilai ketahanan yang lebih besar di banding agregat Clereng.