

BAB VI

HASIL DAN PEMBAHASAN

6.1 Hasil Penelitian

6.1.1 Hasil pengujian Material

Pengujian terhadap material komponen penyusun campuran dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat material yang akan digunakan pada campuran LASTON. Material-material yang diuji adalah aspal, agregat kasar, dan agregat halus (pasir).

Jenis pengujian laboratorium yang dikerjakan untuk mengevaluasi material dan spesifikasi dapat dilihat pada Tabel 6.1 sampai Tabel 6.5 berikut ini.

Tabel 6.1

HASIL PEMERIKSAAN TERHADAP AGREGAT KASAR STANDAR

No.	Jenis Pengujian	Hasil	Syarat	Keterangan
1.	Keausan dengan mesin <i>Los Angeles</i> (%)	37,33	≤ 40	memenuhi
2.	Kelekatan terhadap aspal (%)	97,5	≥ 95	memenuhi
3.	Penyerapan air (%)	1,77	≤ 3	memenuhi
4.	Berat jenis <i>bulk</i>	2,595	$\geq 2,5$	memenuhi

Sumber : Hasil pemeriksaan di laboratorium jalan raya FTSP, UII

Tabel 6.2
HASIL PEMERIKSAAN AGREGAT HALUS STANDAR

No.	Jenis Pengujian	Hasil	Syarat	Keterangan
1.	<i>Sand Equivalent</i> (%)	78,5	≥ 50	memenuhi
2.	Penyerapan air (%)	2.88	≤ 3	memenuhi
3.	Berat jenis <i>bulk</i>	2,531	$\geq 2,5$	memenuhi

Sumber : Hasil pemeriksaan di laboratorium jalan raya FTSP, UII

Tabel 6.3
HASIL PEMERIKSAAN AGREGAT HALUS PASIR PANTAI

No.	Jenis Pengujian	Hasil	Syarat	Keterangan
1.	<i>Sand Equivalent</i> (%)	100	≥ 50	memenuhi
2.	Penyerapan air (%)	0.402	≤ 3	memenuhi
3.	Berat jenis <i>bulk</i>	3,084	$\geq 2,5$	memenuhi

Sumber : Hasil pemeriksaan di laboratorium jalan raya FTSP, UII

Tabel 6.4
HASIL PEMERIKSAAN AGREGAT HALUS PASIR SUNGAI

No.	Jenis Pengujian	Hasil	Syarat	Keterangan
1.	<i>Sand Equivalent</i> (%)	96	≥ 50	memenuhi
2.	Penyerapan air (%)	2,041	≤ 3	memenuhi
3.	Berat jenis <i>bulk</i>	2,685	$\geq 2,5$	memenuhi

Sumber : Hasil pemeriksaan di laboratorium jalan raya FTSP, UII

Tabel 6.5

HASIL PEMERIKSAAN ASPAL AC 60-70

No	Jenis Pengujian	Hasil	Syarat	Keterangan
1.	Penetrasi (25 °C, 5 dt, 100 gr)	68	60-70	memenuhi
2	Titik Lembek (<i>ring and ball</i>) °C	51.5	48-58	memenuhi
3.	Titik Nyala °C	339	≥ 200	memenuhi
4.	Kelarutan (CCl ₄ atau CS ₂) (%)	99	≥ 99	memenuhi
5.	Daktilitas (25%, 5 cm/menit) (cm)	165	≥ 100	memenuhi
6.	Berat Jenis (25 °C)	1,053	≥ 1	memenuhi

Sumber : Hasil pemeriksaan di laboratorium jalan raya FTSP, UII

6.1 2 Penentuan Kadar Aspal Optimum

Penentuan kadar aspal optimum dalam campuran dilakukan dengan cara melakukan tes *Marshall* di laboratorium terhadap beberapa benda uji dengan variasi kadar aspal yang masing-masing berbeda 0.5% yaitu 5%, 5.5%, 6%, 6.5% dan 7% untuk campuran agregat kasar standar + pasir standar dan campuran agregat kasar standar + pasir sungai, sedangkan untuk campuran agregat kasar standar + pasir pantai digunakan variasi kadar aspal 3.5%, 4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6%, 6.5% dan 7%. Hasil tes *Marshall* meliputi nilai stabilitas, *flow*, VITM, VMA, VFWA dan *Marshall Quotient* dapat dilihat pada tabel 6.6, 6.7, dan 6.8, dan kemudian hasil dari tabel digambarkan yang dapat dilihat pada gambar 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6 dan 6.7 untuk menentukan kadar aspal optimum. Kadar aspal optimum yang baik adalah kadar aspal yang memenuhi semua sifat campuran yang diinginkan, tetapi tidak selalu dapat diperoleh kadar aspal optimum yang memenuhi syarat, sehingga nilai kadar aspal

optimum dapat diambil dari hasil tes *Marshall* yang memenuhi batas-batas spesifikasi campuran, dalam penelitian ini nilai *Marshall Quotient* yang tidak memenuhi spesifikasi. Berdasarkan perhitungan secara grafis kadar aspal optimum dapat dilihat pada tabel 6.9, 6.10, dan 6.11.

TABEL 6.6
HASIL PENGUJIAN MARSHALL PADA MASING-MASING
KADAR ASPAL AGREGAT KASAR STANDAR + PASIR STANDAR

Kadar aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	VITM (%)	VMA (%)	VFWA (%)	MQ (kg/mm)
5 %	2213.29	3.53	6.698	15.046	72.530	629.30
5.5 %	2241.29	3.56	5.573	15.073	80.040	630.66
6 %	2268.38	3.61	4.793	15.416	85.476	633.01
6.5 %	2187.62	3.70	4.586	16.266	87.345	594.06
7 %	2076.62	3.78	4.531	17.237	88.208	549.93
spesifikasi	≥ 550	2 - 4	3 - 5	≥ 15	-	200 - 350

Sumber : Hasil penelitian di laboratorium jalan raya FTSP, UII

TABEL 6.7
HASIL PENGUJIAN MARSHALL PADA MASING-MASING
KADAR ASPAL AGREGAT KASAR STANDAR + PASIR PANTAI

Kadar aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	VITM (%)	VMA (%)	VFWA (%)	MQ (kg/mm)
3.5	1526.64	2.40	9.009	15.600	51.826	648.81
4	1548.63	2.63	7.268	15.107	61.837	592.10
4.5	1569.72	2.80	5.985	15.052	70.209	563.06
5	1576.08	3.35	5.246	15.495	75.781	551.27
5.5	1870.35	3.5	4.460	15.897	81.293	552.40
6	1719.67	3.57	2.603	15.370	92.802	491.12
6.5	1715.08	3.65	2.556	16.419	93.428	470.98
7	1682.14	3.68	2.076	17.087	96.433	458.53
spesifikasi	≥ 550	2 - 4	3 - 5	≥ 15	-	200 - 350

TABEL 6.8
HASIL PENGUJIAN MARSHALL PADA MASING-MASING
KADAR ASPAL AGREGAT KASAR STANDAR + PASIR SUNGAI

Kadar aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	VITM (%)	VMA (%)	VFWA (%)	MQ (kg/mm)
5	1904.51	2.20	5.463	14.487	77.599	866.25
5.5	2050.84	2.25	4.616	14.793	83.733	913.38
6	2030.81	2.61	3.899	15.217	88.826	798.89
6.5	1876.04	2.78	3.294	15.739	92.953	762.60
7	1770.01	3.18	3.245	16.739	93.516	558.29
spesifikasi	≥ 550	2 - 4	3 - 5	≥ 15	-	200 - 350

Sumber : Hasil penelitian di laboratorium jalan raya FTSP, UII

TABEL 6.9
PENENTUAN KADAR ASPAL OPTIMUM SECARA GRAFIS
AGREGAT KASAR STANDAR + PASIR STANDAR

Data <i>Marshall Test</i>	syarat	Kadar Aspal (%)				
		5	5.5	6	6.5	7
stabilitas minimal (kg)	550					
kelelehan (mm)	2-4					
MQ (kg/mm)	200-350					
VITM (%)	3-5					
VMA (%)	≥ 15					
Kadar aspal optimum		5.582	6.291	7.0		

Sumber : Hasil penelitian dan grafik 6.2, 6.4 s/d 6.7

TABEL 6.10
PENENTUAN KADAR ASPAL OPTIMUM SECARA GRAFIS
AGREGAT KASAR STANDAR + PASIR PANTAI

Data <i>Marshall Test</i>	Syarat	Kadar Aspal (%)							
		3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7
Stabilitas minimal (kg)	550								
Kelelehan (mm)	2-4								
MQ (kg/mm)	200-350								
VITM (%)	3-5								
VMA (%)	≥ 15								
Kadar Aspal Optimum					5.2	5.545	5.89		

Sumber : Hasil penelitian dan grafik 6.2, 6.4 s/d 6.7

TABEL 6.11
PENENTUAN KADAR ASPAL OPTIMUM SECARA GRAFIS
AGREGAT KASAR STANDAR + PASIR SUNGAI

Data <i>Marshall Test</i>	syarat	Kadar Aspal (%)				
		5	5.5	6	6.5	7
stabilitas minimal (kg)	550					
kelelehan (mm)	2-4					
MQ (kg/mm)	200-350					
VITM (%)	3-5					
VMA (%)	≥ 15					
Kadar aspal optimum		5.575	6.288	7.0		

Sumber : Hasil penelitian dan grafik 6.2, 6.4 s/d 6.7

Dari hasil tersebut kemudian digunakan dalam campuran untuk pengujian *Immersion standar test* (perendaman 30 menit dalam waterbath pada suhu 60°C) dan *Immersion test* (perendaman 24 jam dalam waterbath pada suhu 60°C) dan hasilnya seperti tercantum dalam tabel 6.12, 6.13, dan 6.14 dibawah ini.

TABEL 6.12
HASIL PENGUJIAN *IMMERSION*
AGREGAT KASAR STANDAR + PASIR STANDAR

Karakteristik <i>Marshall</i>	30 menit			24 jam		
	Sampel			Sampel		
	1	2	3	1	2	3
<i>Density</i> (gr/cc)	2.331	2.333	2.331	2.338	2.341	2.345
VMA(%)	14.086	14.013	14.110	13.841	13.742	13.594
VFWA (%)	83.162	83.670	82.995	84.879	85.587	86.665
VITM (%)	4.966	4.884	4.992	4.694	4.585	4.421
Stabilitas (kg)	2121.04	1993.79	2387.35	2091.94	1903.63	2163.93
<i>Flow</i> (mm)	1.55	1.70	3.10	3.90	5.90	4.28
MQ (kg/mm)	1368.41	1178.82	770.11	536.39	322.65	505.59

Sumber : Hasil penelitian di laboratorium jalan raya FTSP, UII

TABEL 6.13
HASIL PENGUJIAN *IMMERSION*
AGREGAT KASAR STANDAR + PASIR PANTAI

Karakteristik <i>Marshall</i>	30 menit			24 jam		
	Sampel			Sampel		
	1	2	3	1	2	3
<i>Density</i> (gr/cc)	2.480	2.487	2.496	2.492	2.498	2.498
VMA(%)	15.743	15.514	15.189	15.320	15.124	15.124
VFWA (%)	82.948	84.402	86.539	85.669	86.980	86.980
VITM (%)	4.173	3.913	3.543	3.692	3.469	3.469
Stabilitas (kg)	1535.54	1401.12	1612.08	1447.71	1401.12	1160.62
<i>Flow</i> (mm)	1.99	2.05	2.16	2.19	2.30	2.46
MQ (kg/mm)	771.63	683.47	746.33	661.06	609.18	471.80

Sumber : Hasil penelitian di laboratorium jalan raya FTSP, UII

TABEL 6.14
HASIL PENGUJIAN *IMMERSION*
AGREGAT KASAR STANDAR + PASIR SUNGAI

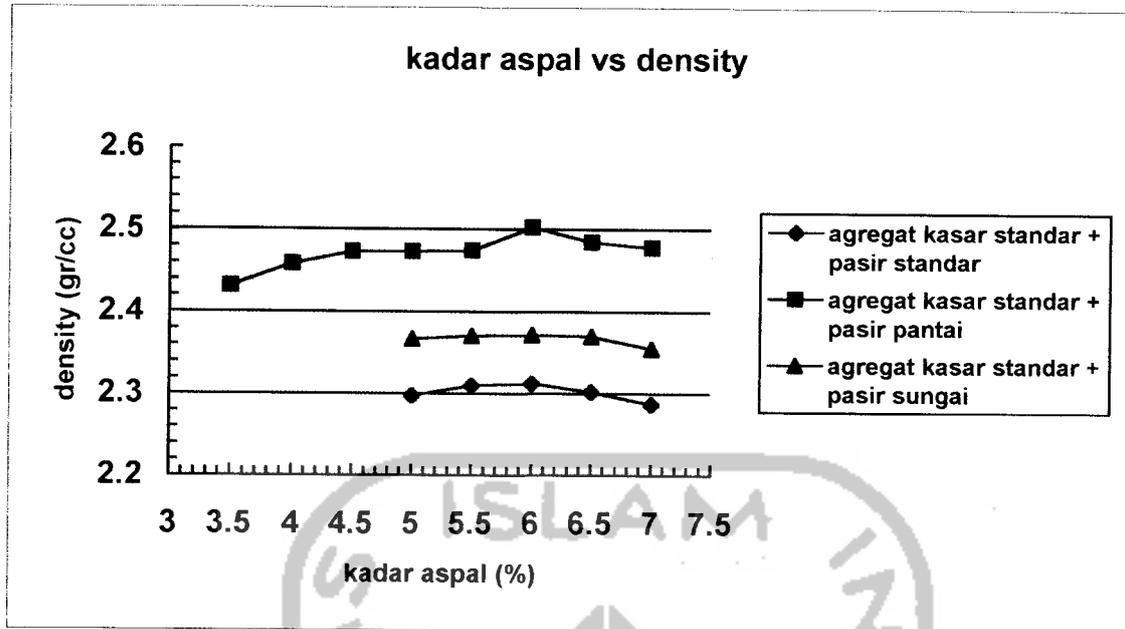
Karakteristik <i>Marshall</i>	30 menit			24 jam		
	Sampel			Sampel		
	1	2	3	1	2	3
<i>Density</i> (gr/cc)	2.350	2.351	2.344	2.340	2.342	2.349
VMA(%)	16.254	16.234	16.466	16.628	16.559	16.293
VFWA (%)	86.344	86.476	85.020	84.027	84.448	86.099
VITM (%)	4.391	4.367	4.632	4.817	4.739	4.435
Stabilitas (kg)	2147.633	2203.66	2037.60	1709.65	1782.90	1943.36
<i>Flow</i> (mm)	2.33	2.25	2.48	3.50	3.33	3.15
MQ (kg/mm)	921.733	979.41	821.61	488.47	535.41	511.94

6.2 Pembahasan Sifat *Marshall*

6.2.1 *Marshall Properties* Standar

1. *Density*

Nilai kepadatan campuran (*density*) menunjukkan derajat kepadatan suatu campuran yang sudah dipadatkan. Campuran dengan nilai *density* tinggi akan mampu menahan beban yang lebih besar dibanding dengan campuran yang nilai *density*-nya rendah. Nilai *density* dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya : gradasi agregat, faktor pemadatan baik jumlah pemadatan maupun temperatur pemadatan, dan penggunaan kadar aspal dalam campuran. Dari hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik *density* yang ditunjukkan pada gambar 6.1 berikut ini.



Gambar 6.1 Grafik hubungan antara kadar aspal dengan *density*

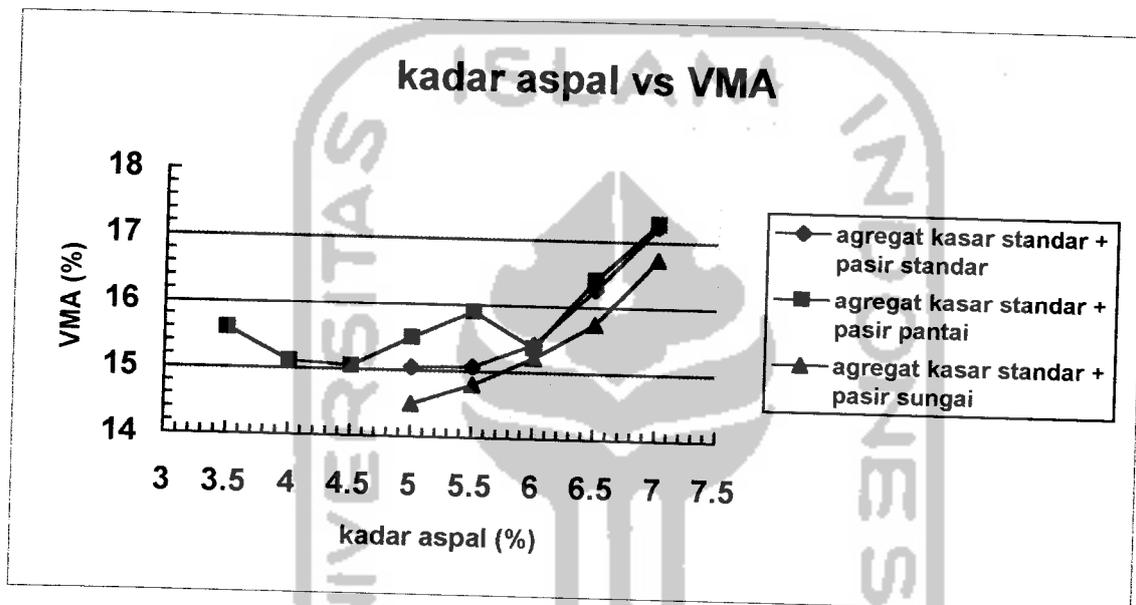
Dari gambar 6.1 dapat dilihat bahwa nilai *density* campuran agregat kasar standar + pasir pantai paling besar, hal ini disebabkan berat jenis pasir pantai yang lebih besar dari agregat standar yang dikonversikan ke berat jenis agregat standar, sehingga berat volumenya bertambah.

Dalam spesifikasi teknik campuran Beton Aspal tidak ada persyaratan khusus dari Bina Marga mengenai nilai *density*. Nilai *density* digunakan untuk persyaratan teknis lapangan, yaitu kepadatan lapangan tidak boleh kurang dari 96% kepadatan laboratorium.

2. VMA (*Void in Mineral Aggregate*)

VMA adalah volume rongga yang terdapat diantara butir-butir agregat suatu campuran beraspal padat, termasuk rongga yang terisi aspal efektif, dinyatakan dalam

persen volume. Nilai VMA dapat juga dinyatakan sebagai rongga yang tersedia untuk ditempati volume aspal dan volume udara yang diperlukan dalam campuran agregat dan aspal. Faktor- faktor yang mempengaruhi nilai VMA antara lain : gradasi agregat, tekstur permukaan, bentuk butiran, pemadatan, dan serapan air oleh agregat. Dari hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik VMA yang ditunjukkan pada gambar 6.2 berikut ini.



Gambar 6.2 Grafik hubungan antara kadar aspal dan VMA

Secara teoritis nilai VMA seharusnya akan turun kemudian akan naik dengan bertambahnya kadar aspal. Dari gambar 6.2 menunjukkan bahwa nilai VMA terus bertambah seiring dengan bertambahnya kadar aspal yang menyebabkan film aspal lebih tebal, sehingga jarak antar agregat semakin besar.

Nilai VMA campuran agregat kasar standar + pasir pantai memiliki nilai yang paling besar, hal ini disebabkan bentuk butirannya bulat dan tekstur permukaan yang

halus dan licin sehingga kemampuan menyerap aspal sangat kecil sehingga menghasilkan selimut aspal yang tebal, dengan demikian jarak antar agregat semakin jauh.

Nilai VMA campuran agregat kasar standar + pasir standar memiliki nilai VMA *medium*, meskipun kemampuan menyerap aspalnya paling besar tetapi bentuknya yang bersudut serta tajam menghasilkan rongga yang besar.

Nilai VMA campuran agregat kasar standar + pasir sungai memiliki nilai VMA paling rendah, meskipun kemampuan menyerap aspalnya lebih kecil dari kemampuan menyerap aspal agregat standar tetapi karena bentuknya yang bulat serta berpori sehingga menghasilkan rongga yang lebih kecil dibandingkan agregat standar.

Spesifikasi Bina Marga 1987 mensyaratkan VMA untuk campuran berdasarkan ukuran nominal maksimal agregat, dalam hal ini $\frac{1}{2}$ inch dengan VMA minimal 15%.

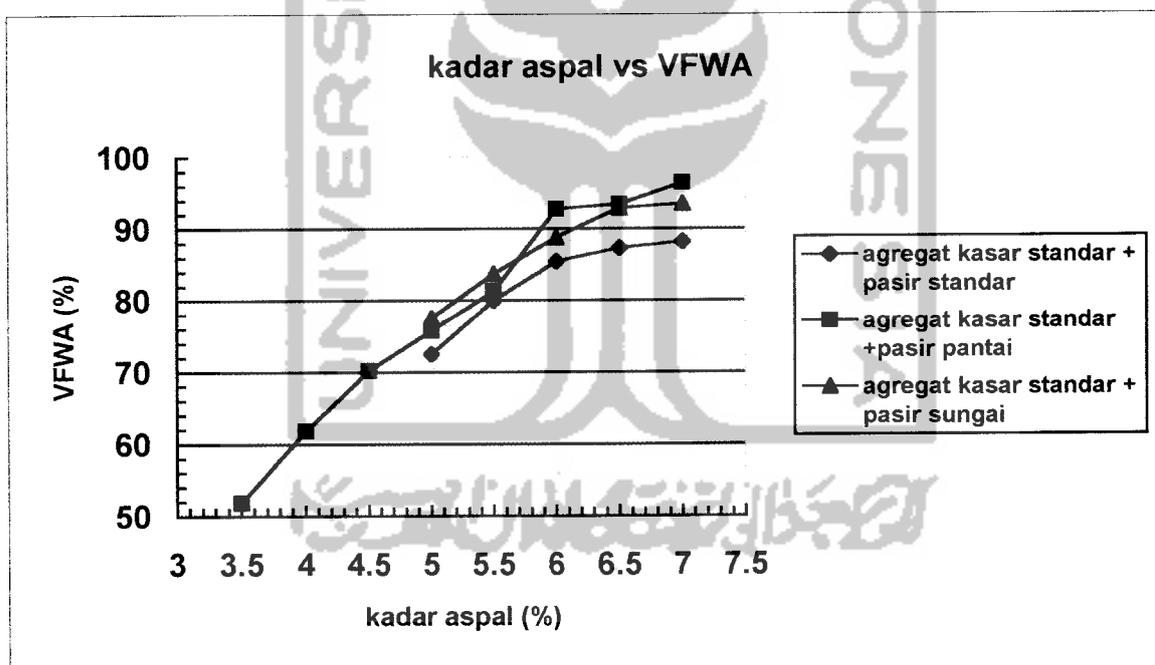
3. VFWA (*Void Filled With Asphalt*)

Nilai VFWA menunjukkan banyaknya persen rongga yang ada dalam campuran terisi oleh aspal. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai VFWA adalah gradasi agregat, kadar aspal, jumlah dan temperatur pemadatan. Besarnya nilai VFWA berpengaruh pada kedekatan campuran terhadap air dan udara yang pada akhirnya akan berpengaruh terhadap keawetan suatu perkerasan.

Nilai VFWA yang besar berarti semakin banyak rongga yang terisi aspal sehingga kedekatan campuran terhadap air dan udara menjadi lebih tinggi. Nilai

VFWA yang terlalu tinggi akan menyebabkan terjadinya kegemukan (*bleeding*) atau naiknya aspal ke permukaan. Hal ini disebabkan 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 ke permukaan.

Nilai VFWA yang terlalu kecil akan menyebabkan lapisan kurang kedap terhadap air dan udara, karena banyak rongga yang kosong. Hal ini akan memudahkan air dan udara yang akan melarutkan bagian aspal yang teroksidasi tersebut, sehingga keawetan campuran berkurang. Dari hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik VFWA yang ditunjukkan pada gambar 6.3.



Gambar 6.3 Grafik hubungan antara kadar aspal dan VFWA

Dari gambar grafik 6.3 dapat dilihat bahwa seiring dengan penambahan kadar aspal nilai VFWA semakin bertambah.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran beton aspal agregat kasar standar + pasir pantai mempunyai nilai VFWA yang lebih besar, karena tekstur pasir pantai yang halus dan licin menyebabkan kemampuan menyerap aspal kecil sehingga banyak rongga yang terisi aspal dan menghasilkan selimut aspal yang tebal.

Nilai VFWA campuran agregat standar + pasir sungai memiliki nilai *medium*, karena bentuk pasir sungai yang bulat dan tekstur permukaan yang agak kasar sehingga aspal yang terabsorpsi tidak terlalu banyak.

Untuk campuran agregat kasar standar + pasir standar memiliki nilai VFWA yang terendah, hal ini disebabkan banyaknya aspal yang terabsorpsi oleh agregat standar sehingga selimut aspal lebih tipis.

Sesuai dengan Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton dari Departemen Pekerjaan Umum Bina Marga 1987 tidak ada batasan untuk nilai VFWA.

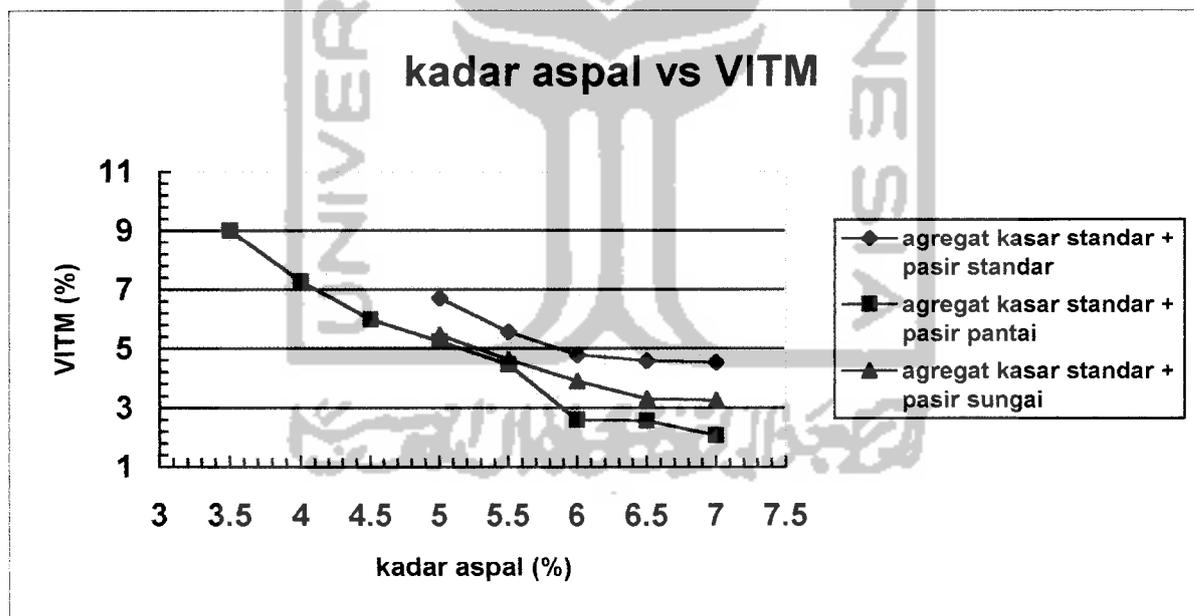
4. VITM (*Void In Total Mix*)

Nilai VITM menunjukkan banyaknya rongga dalam campuran, yang dinyatakan dalam persentase terhadap total volume campuran agregat dan aspal. Persentase rongga yang disyaratkan untuk campuran beton aspal adalah 3%-5%. Beton aspal yang mempunyai $VITM \leq 3\%$ akan memperbesar kemungkinan terjadinya *bleeding*. Akibat tingginya temperatur, aspal dalam campuran akan mencair sehingga saat perkerasan menerima beban aspal akan mengalir di antara rongga agregat. Sebaliknya jika nilai $VITM \geq 5\%$ menunjukkan rongga yang terdapat

di dalam campuran besar, sehingga campuran tidak rapat dan tidak kedap terhadap udara dan air, sehingga aspal mudah teroksidasi yang mengakibatkan melemahnya ikatan aspal terhadap agregat yang selanjutnya aspal tidak mampu untuk mengikat agregat.

Nilai VITM oleh Bina Marga mensyaratkan batas maksimum 5% dan batas minimum 3%, batas maksimum tersebut dimaksudkan untuk mendapatkan keawetan campuran dan batas minimum untuk mencegah terjadinya deformasi plastis.

Dalam campuran harus tersedia cukup rongga yang terisi udara yang berfungsi untuk menyediakan ruang gerak bagi unsur-unsur dalam campuran sesuai dengan keelastisan bahan penyusunnya. Dari hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik VITM seperti yang ditunjukkan pada gambar 6.4 berikut ini.



Gambar 6.4 Grafik hubungan antara kadar aspal dan VITM

Dari hasil penelitian pada gambar 6.4, dapat dilihat bahwa dengan penambahan kadar aspal nilai VITM mengalami penurunan, karena rongga udara yang terisi aspal semakin besar dan memperkecil volume rongga udara, berarti campuran tersebut semakin rapat.

Jika dilihat gambar 6.4 pada kadar yang sama nilai VITM campuran agregat kasar standar + pasir standar, campuran agregat kasar standar + pasir sungai dan campuran agregat kasar standar + pasir pantai menunjukkan nilai yang berbeda, hal ini dipengaruhi oleh bentuk dan tekstur permukaan dari agregat.

Nilai VITM campuran agregat kasar standar + pasir pantai paling kecil karena agregat pasir pantai berbentuk bulat dan tekstur permukaannya licin, sehingga menghasilkan rongga udara yang lebih kecil dibandingkan campuran agregat kasar standar + pasir sungai yang memiliki bentuk yang bulat dan tekstur permukaannya agak kasar.

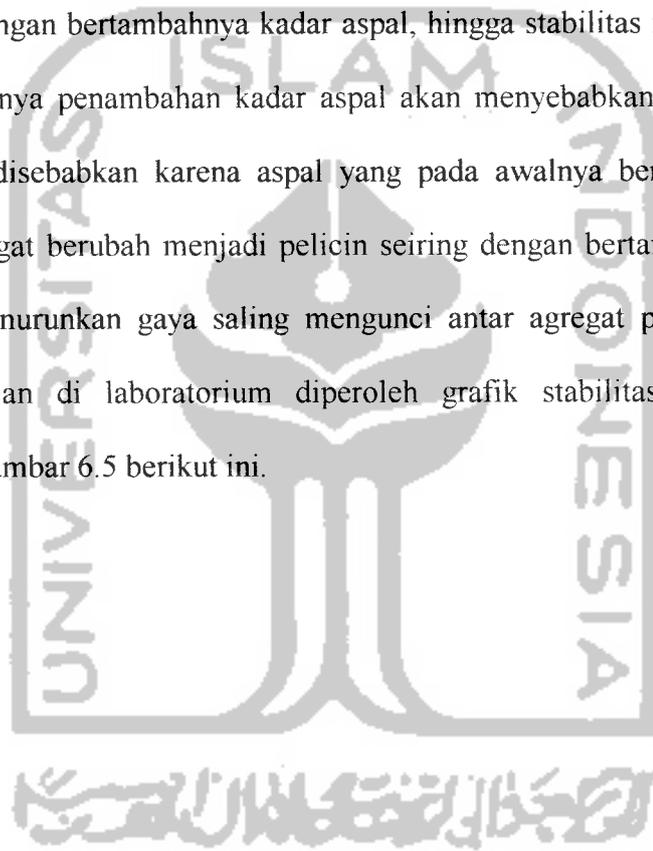
Untuk campuran agregat kasar standar + pasir standar nilai VITM-nya paling tinggi karena bentuk agregatnya bersudut dan tekstur permukaannya yang kasar sehingga menghasilkan rongga udara yang lebih besar.

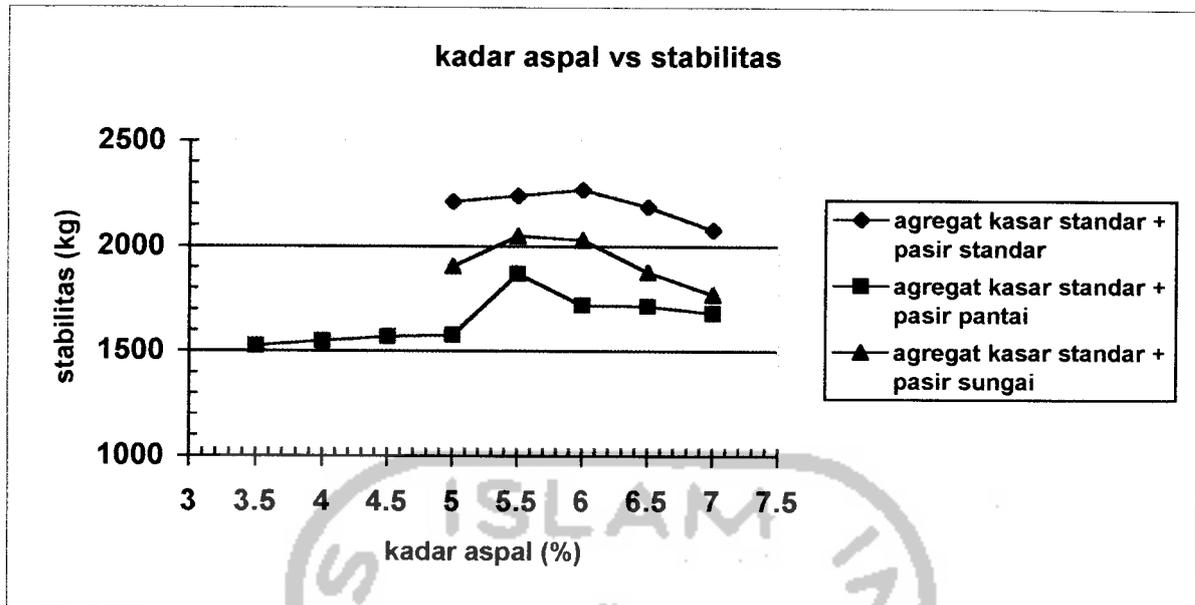
5. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas tanpa terjadinya perubahan bentuk seperti gelombang dan alur. Nilai stabilitas yang tinggi menunjukkan bahwa perkerasan tersebut mampu menahan beban lalu lintas yang besar. Pada pengujian *Marshall* di laboratorium, stabilitas

adalah kemampuan campuran aspal untuk menerima beban sampai terjadinya kelelahan plastis yang dinyatakan dalam satuan kilogram. Nilai stabilitas tergantung dari gaya saling mengunci antar batuan (*internal friction*) dan kelekatan (*cohesion*). *Internal friction* tergantung pada tekstur permukaan, bentuk butiran, gradasi agregat kepadatan campuran dan kadar aspal.

Pengaruh kadar aspal terhadap stabilitas ditunjukkan oleh peningkatan stabilitas seiring dengan bertambahnya kadar aspal, hingga stabilitas mencapai batas maksimum selanjutnya penambahan kadar aspal akan menyebabkan turunnya nilai stabilitas. Hal ini disebabkan karena aspal yang pada awalnya berfungsi sebagai pengikat antar agregat berubah menjadi pelicin seiring dengan bertambahnya kadar aspal, sehingga menurunkan gaya saling mengunci antar agregat pada campuran. Dari hasil pengujian di laboratorium diperoleh grafik stabilitas seperti yang ditunjukkan pada gambar 6.5 berikut ini.





Gambar 6.5 Grafik hubungan antara kadar aspal dengan stabilitas

Dari gambar 6.5 di atas dapat dilihat bahwa stabilitas campuran LASTON yang menggunakan agregat standar menghasilkan nilai stabilitas yang paling besar, hal ini disebabkan campuran LASTON yang menggunakan agregat kasar standar + pasir standar mempunyai bentuk batuan yang bersudut dan tajam serta tekstur permukaannya kasar, sehingga ikatan antar batuan atau sifat saling mengunci (*interlocking*) lebih bagus.

Campuran LASTON yang menggunakan agregat halus pasir sungai nilai stabilitasnya berada diantara campuran agregat standar dan campuran yang menggunakan agregat halus pasir pantai. Hal ini disebabkan karena pasir sungai meskipun bentuk butirannya bulat tetapi tekstur permukaannya agak kasar, sehingga ikatan antar butirannya masih bagus .

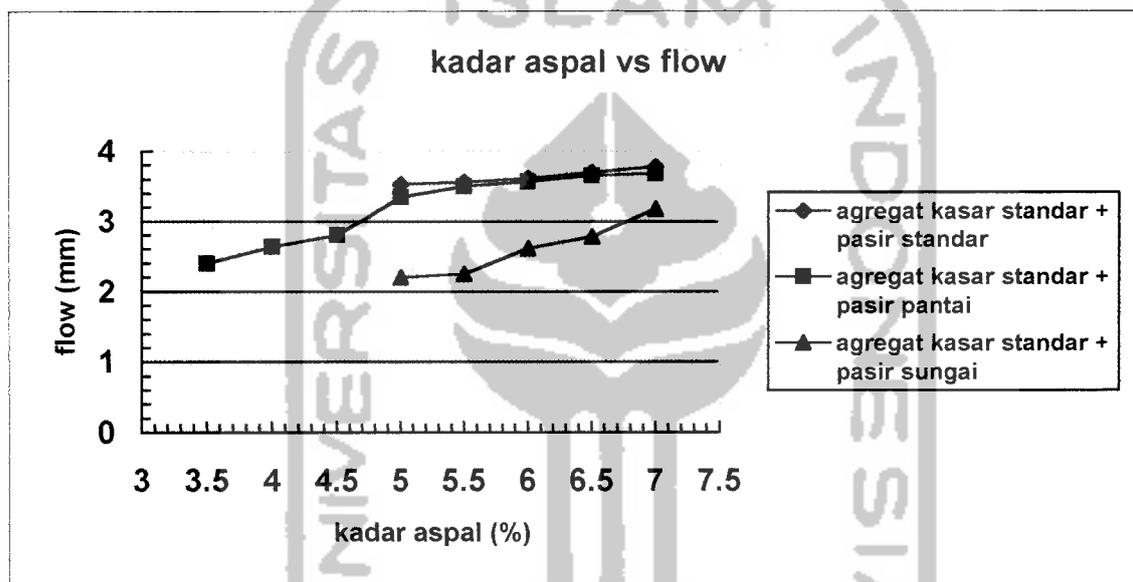
Sedangkan untuk campuran yang menggunakan pasir pantai nilai stabilitasnya paling kecil, hal ini disebabkan karena pasir pantai mempunyai bentuk butiran yang bulat dan tekstur permukaan yang halus serta licin, dengan keadaan tersebut di atas maka kondisi yang demikian kurang menguntungkan jika ditinjau dari adhesi antara aspal dan agregat. Pada kondisi permukaan yang halus dan licin akan mudah tergosur akibat daya lekat aspal dan batuan tidak mempunyai kelekatan yang berarti, sehingga penambahan kadar aspal yang dilakukan hanya sebagian kecil terletak pada permukaan campuran tersebut, sedang aspal yang ada tidak meresap ke dalam pori-pori, dengan demikian kekuatan kekompakan antara aspal dan agregat kurang tercapai. Meskipun demikian nilai stabilitasnya tidak sampai mengurangi persyaratan yang telah ditentukan.

Sesuai dengan Petunjuk Pelaksanaan Lapis Beton Aspal dari Departemen Pekerjaan Umum Bina Marga (1987), nilai stabilitas untuk beton aspal dengan lalu lintas tinggi minimal adalah 550 kg.

6. Flow

Kelelahan (*flow*) adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam satuan panjang (mm). Kelelahan suatu campuran menunjukkan tingkat kelenturan lapis perkerasan, tingkat kelelahan tersebut lebih banyak ditentukan oleh aspalnya, terutama sifat daktilitas, aspal yang mempunyai sifat daktilitas rendah dalam campuran akan menghasilkan lapis perkerasan yang fleksibilitasnya rendah.

Campuran yang memiliki *flow* rendah dengan stabilitas tinggi cenderung kaku sehingga mudah mengalami retak apabila menerima beban yang melebihi daya dukungnya. Sebaliknya nilai *flow* yang tinggi dengan stabilitas rendah cenderung bersifat plastis dan mudah berubah bentuk bila menerima beban lalu lintas. Nilai *flow* dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain : gradasi agregat, kadar aspal, jumlah dan temperatur pemadatan . Dari hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik *flow* seperti yang ditunjukkan pada gambar 6.6 berikut ini.



Gambar 6.6 Grafik hubungan antara kadar aspal dan *flow*

Dari gambar 6.6 dapat dilihat bahwa seiring dengan bertambahnya kadar aspal nilai *flow* yang didapatkan akan meningkat dan fleksibilitasnya juga meningkat.

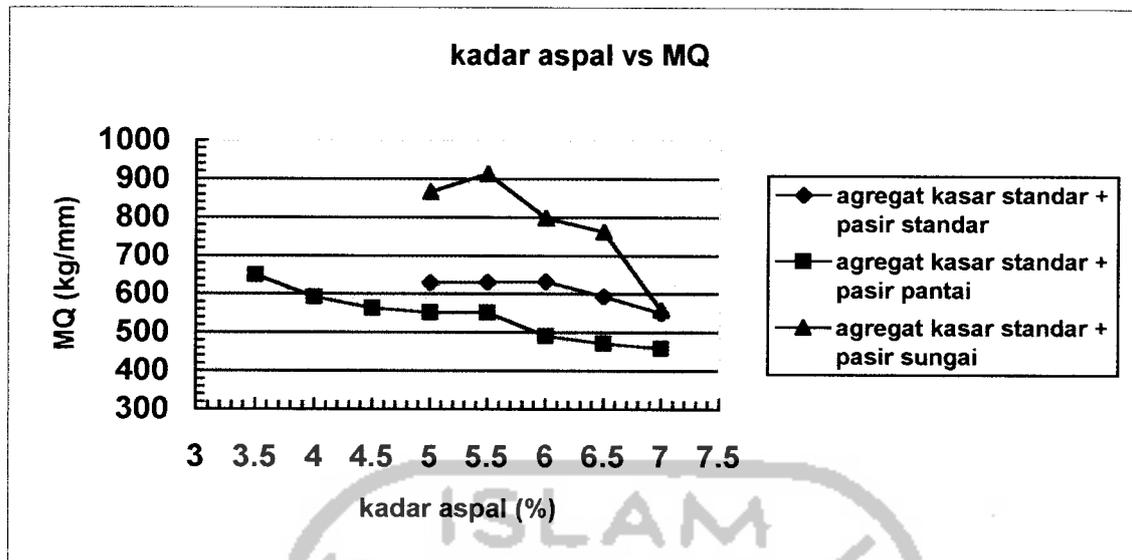
Campuran LASTON agregat kasar standar + pasir sungai mempunyai kelelahan yang paling kecil, meskipun kerapatannya berada di bawah kerapatan campuran agregat standar dan pasir pantai, dikarenakan aspal lebih baik daya

lekatnya dibandingkan dengan lekatan aspal pada permukaan pasir pantai yang licin. Agregat standar mempunyai nilai kelelahan yang paling tinggi, dikarenakan campuran agregat standar cenderung kurang rapat (rongga udara besar), sehingga pada saat terjadi pembebanan, deformasi yang terjadi besar.

Sesuai dengan Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton dari Departemen Pekerjaan Umum Bina Marga (1987), nilai *flow* untuk beton aspal dengan lalu lintas tinggi adalah 2 mm – 4 mm.

7. MQ (*Marshall Quotient*)

Nilai *Marshall Quotient* merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan kelelahan, dan digunakan sebagai pendekatan terhadap tingkat fleksibilitas dari suatu lapis perkerasan. Stabilitas yang tinggi disertai dengan *flow* yang rendah menyebabkan perkerasan menjadi kaku dan getas. Sebaliknya stabilitas yang rendah dengan *flow* yang tinggi menunjukkan campuran lebih bersifat plastis dan apabila menerima beban lalu lintas, maka perkerasan akan mengalami deformasi. Faktor-faktor yang mempengaruhi MQ adalah stabilitas dan *flow*. Ini berarti bahwa nilai MQ juga tergantung pada faktor-faktor yang mempengaruhi stabilitas dan *flow*, seperti : bentuk, tekstur permukaan, gradasi agregat, daya lekat, kadar aspal, viskositas aspal, jumlah dan temperatur pemadatan. Dari hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik MQ yang ditunjukkan pada gambar 6.7 berikut ini.



Gambar 6.7 Grafik hubungan antara kadar aspal dan MQ

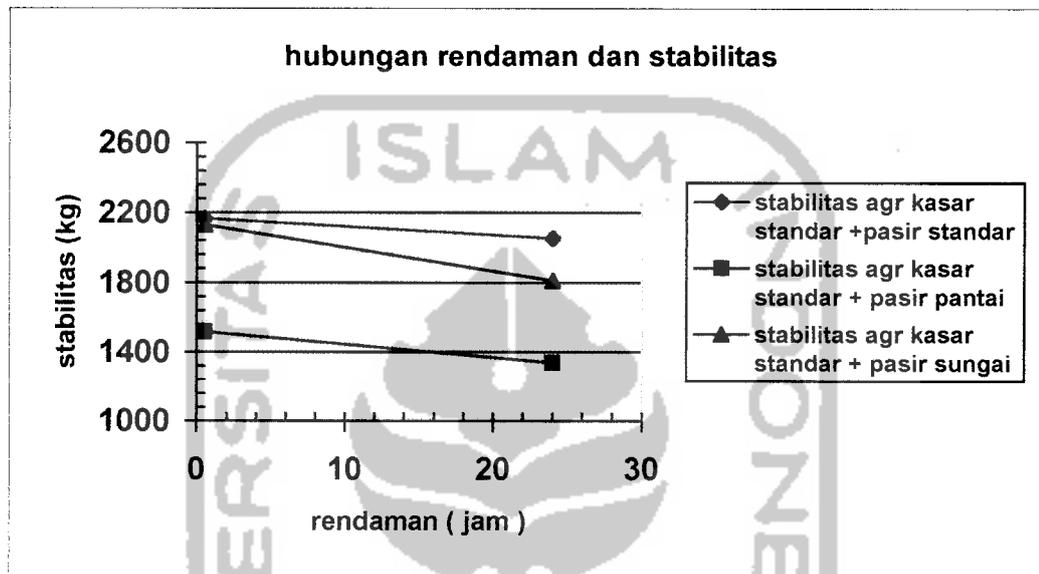
Dari gambar 6.7 dapat dilihat bahwa nilai MQ campuran agregat kasar standar + pasir sungai memiliki nilai yang paling tinggi, hal ini dikarenakan nilai stabilitas campuran agregat kasar standar + pasir sungai tinggi, tetapi nilai *flow*-nya rendah. Sedangkan campuran agregat kasar standar + pasir pantai memiliki nilai MQ yang rendah, karena nilai stabilitasnya yang paling rendah.

Sesuai dengan Petunjuk Pelaksanaan Lapis Beton Aspal dari Departemen Pekerjaan Umum Bina Marga (1987), nilai MQ untuk beton aspal adalah 200-350 kg/mm. Dari grafik 6.7 nilai MQ untuk semua campuran tidak ada yang memenuhi persyaratan Bina Marga (1987).

6.2.2 Marshall Properties Rendaman 24 jam

1. Stabilitas

Stabilitas rendaman 24 jam dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana kemampuan perkerasan untuk menahan beban pada kondisi banjir. Nilai stabilitas rendaman 0,5 jam dan rendaman 24 jam dapat dilihat pada gambar 6.8 berikut ini.



Gambar 6.8 Grafik hubungan antara rendaman dan stabilitas

Dari gambar 6.8 diketahui nilai stabilitas pada rendaman 24 jam mengalami penurunan dibandingkan dengan nilai stabilitas rendaman 30 menit. Hal ini karena sifat air yang merusak. Sifat air yang merusak ini menyebabkan ikatan adhesi antara aspal dan agregat terganggu akibat kehadiran air.

2. Retained Marshall Stability

Retained Marshall Stability (indeks kekuatan sisa *Marshall*) dihasilkan karena adanya proses perendaman. Indeks ini menunjukkan kekuatan sisa yang masih

dimiliki campuran setelah mengalami proses perendaman. Pada penelitian ini, perendaman diberikan selama 24 jam pada suhu 60⁰C. *Retained Marshall Stability* digunakan untuk menentukan turunnya nilai kekuatan (*strength*) dan kekakuan (*stiffness*) campuran beraspal akibat air.

Kriteria minimum untuk nilai *Retained Marshall Stability* adalah 75% (Bina Marga 1987). Apabila suatu campuran memiliki nilai *Retained Marshall Stability* $\geq 75\%$ berarti campuran perkerasan tersebut mempunyai daya tahan yang baik terhadap air, sehingga campuran perkerasan tersebut tahan terhadap kerusakan yang disebabkan oleh kehadiran air.

Nilai *Retained Marshall Stability* dihitung dengan membandingkan nilai stabilitas setelah direndam selama 24 jam (S2) dengan nilai stabilitas yang direndam selama 30 menit (S1).

Dari hasil pengujian *Immersion Test* pada campuran yang menggunakan agregat kasar standar + pasir standar didapatkan nilai stabilitas (S2) sebesar 2053.17 kg dan pengujian *Marshall* standar dihasilkan nilai stabilitas (S1) sebesar 2167.39 kg. Hasil perhitungan indeks tahanan campuran beton aspal adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Retained Marshall Stability} &= \frac{S2}{S1} \times 100\% \\
 &= \frac{2053.17}{2167.39} \times 100\% \\
 &= 94.730\% \geq 75\%
 \end{aligned}$$

Dari hasil pengujian *Immersion Test* pada campuran yang menggunakan agregat kasar standar + pasir pantai didapatkan nilai stabilitas (S2) sebesar 1336.48 kg dan pengujian *Marshall* standar dihasilkan nilai stabilitas (S1) sebesar 1516.25 kg. Hasil perhitungan indeks tahanan campuran beton aspal adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Retained Marshall Stability} &= \frac{S2}{S1} \times 100\% \\ &= \frac{1336.48}{1516.25} \times 100\% \\ &= 88.144\% \geq 75\% \end{aligned}$$

Dari hasil pengujian *Immersion Test* pada campuran yang menggunakan agregat kasar standar + pasir sungai didapatkan nilai stabilitas (S2) sebesar 1811.97 kg dan pengujian *Marshall* standar dihasilkan nilai stabilitas (S1) sebesar 2129.63 kg. Hasil perhitungan indeks tahanan campuran beton aspal adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Retained Marshall Stability} &= \frac{S2}{S1} \times 100\% \\ &= \frac{1811.97}{2129.63} \times 100\% \\ &= 85.084\% \geq 75\% \end{aligned}$$

Dari hasil di atas diketahui bahwa semua campuran memiliki nilai *Retained Marshall Stability* $\geq 75\%$, berarti semua campuran memiliki ketahanan kekuatan terhadap air, suhu, dan udara. Campuran agregat kasar standar + pasir standar memiliki nilai *Retained Marshall Stability* terbesar dan mengalami penurunan nilai stabilitas terkecil sebesar 5.27%. Nilai VFWA yang kecil berarti selimut

aspalnya tipis dan nilai VITM-nya yang besar akan mengakibatkan menurunnya sifat durabilitas beton aspal tetapi ikatan antar agregatnya masih baik karena teksturnya yang kasar dan bersudut memberikan *interlocking* yang baik sehingga masih memberikan nilai stabilitas yang baik. Untuk campuran agregat kasar standar + pasir sungai memiliki nilai *Retained Marshall Stability* terendah dan mengalami penurunan nilai stabilitas tertinggi sebesar 14.916%, hal ini disebabkan oleh VMA yang kecil mengakibatkan aspal yang dapat menyelimuti agregat terbatas dan menghasilkan film aspal tipis. Film aspal yang tipis mudah lepas yang mengakibatkan lapis tidak lagi kedap air, oksidasi mudah terjadi, dan lapis perkerasan menjadi rusak. Untuk campuran agregat kasar standar + pasir pantai memiliki nilai *Retained Marshall Stability* medium, hal ini disebabkan oleh nilai VMA dan VFWA-nya yang tinggi berarti campuran tersebut menghasilkan selimut aspal yang tebal serta kemampuan menyerap airnya kecil sehingga campuran lebih tahan terhadap kerusakan yang disebabkan oleh kehadiran air.

