

BAB VI

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

6.1 Hasil Penelitian

6.1.1 Hasil pengujian Agregat

Dari hasil serangkaian pemeriksaan di laboratorium Jalan Raya FTSP UII, Yogyakarta diperoleh data-data pemeriksaan terhadap agregat kasar dan agregat halus yang disyaratkan oleh Bina marga 1983 seperti tercantum pada Tabel 7 dan 8. Adapun hasil pemeriksaan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 1 sampai dengan lampiran 5.

Tabel 7 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Syarat
1	Keausan dengan mesin <i>Los Angeles</i>	18,80 %	$\leq 40 \%$
2	Kelekatan agregat terhadap aspal	99 %	$\geq 95 \%$
3	Peresapan agregat terhadap air	2,30 %	$\leq 3 \%$
4	Berat jenis agregat kasar	2,834	$\geq 2,5$

Sumber; Hasil pemeriksaan Lab. Jalan Raya, UII, 2004

Tabel 8. Hasil Pemeriksaan Agregat halus

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Syarat
1	Nilai <i>sand equivalent</i>	64,815 %	$\geq 50 \%$
2	Peresapan agregat terhadap air	1,729 %	$\leq 3 \%$
3	Berat jenis agregat halus	2,952	$\geq 2,5$

Sumber: Hasil pemeriksaan Lab. Jalan Raya UII, 2004

6.1.2 Hasil Pengujian Aspal

Aspal yang digunakan adalah aspal keras AC 60/70 yang diproduksi oleh PT Pertamina Cilacap. Dari pemeriksaan di laboratorium Jalan Raya FTSP UII,

Yogyakarta, diperoleh data-data pemeriksaan yang telah memenuhi persyaratan Bina Marga 1983 seperti tercantum dalam Tabel 9. Hasil pemeriksaan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 6 sampai dengan lampiran 10.

Tabel 9. Hasil Pemeriksaan AC 60/70

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Syarat		Satuan
			Min	Mak	
1	Penetrasi	72,8	60	79	0,1 mm
2	Titik lembek	50	48	58	°C
3	Titik nyala	345	200	-	°C
4	Kelarutan CCL ₄	99,381	99	-	% Berat
5	Daktilitas	163,50	100	-	Cm
6	Berat jenis	1,038	1	-	
7	Kelekatan aspal terhadap agregat	99	95	-	%

Sumber: Hasil penelitian di Lab. Jalan Raya UII, 2004

6.1.3 Hasil Pemeriksaan Campuran Aspal

Dari hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai stabilitas, dan *flow*. Dengan data yang ada dapat diperoleh nilai-nilai *Void in Total Mix* (VITM), *Void Filled With Asphalt* (VFWA), *Void in Mineral Agregate* (VMA) dan *Marshall Quotient* (MQ).

6.1.3.1 Hasil Pemeriksaan Campuran Tanpa Bahan Tambah

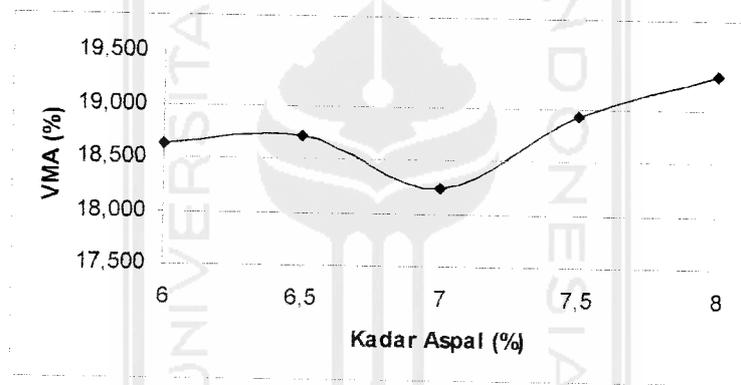
Hasil pemeriksaan campuran tanpa bahan tambah yang diperoleh dari uji *Marshall* dapat dilihat pada tabel 10 berikut ini. Hasil pemeriksaan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 19.

Tabel 10. Hasil Pengujian *Marshall* Dengan Variasi Kadar Aspal

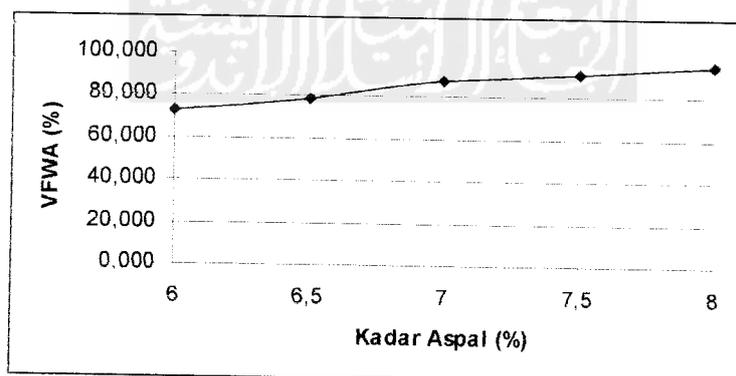
No	Kadar Aspal (%)	VMA (%)	VFWA (%)	VITM (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)
1	6	18,64	72,716	5,091	1984,553	2,716	785,772
2	6,5	18,71	78,831	3,969	2157,365	3,800	581,828
3	7	18,23	88,058	2,181	1878,636	3,933	487,169
4	7,5	18,92	90,636	1,780	1705,824	4,117	433,000
5	8	19,32	94,693	1,028	1343,476	4,300	322,407

Sumber: Hasil pemeriksaan Lab. Jalan Raya UII, 2004

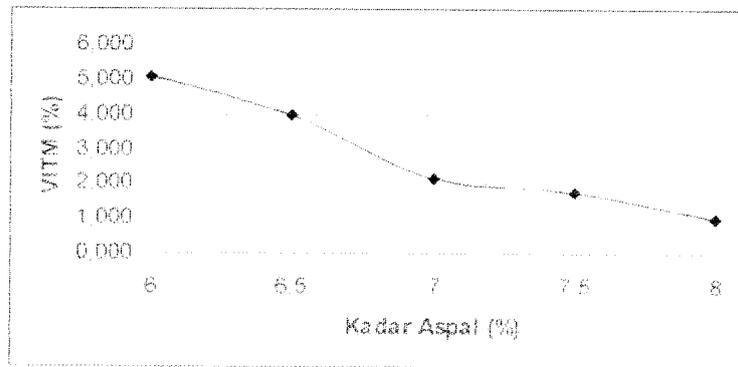
Dari data-data diatas dibuat grafik nilai *Flow*, *Stability*, *VITM*, *VFWA* dan *Marshall Quotient* seperti pada gambar 2 sampai 7 berikut ini.



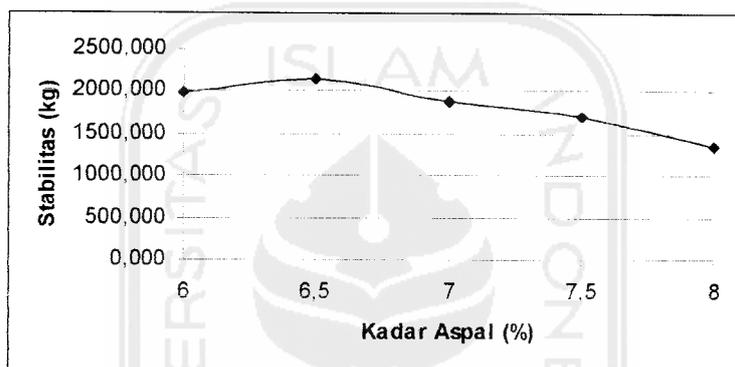
Gambar 2. Grafik hubungan nilai VMA dengan penambahan kadar aspal



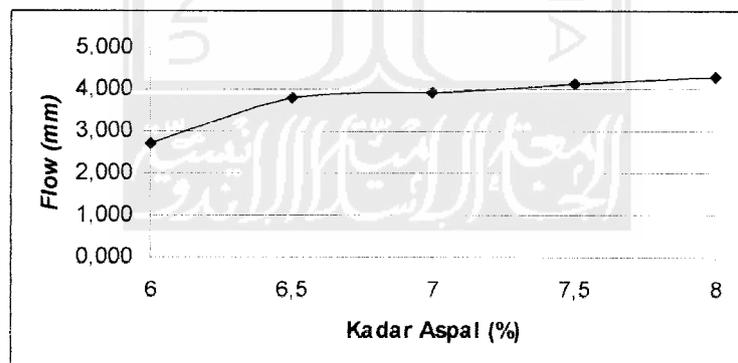
Gambar 3. Grafik hubungan nilai VFWA dengan penambahan kadar aspal



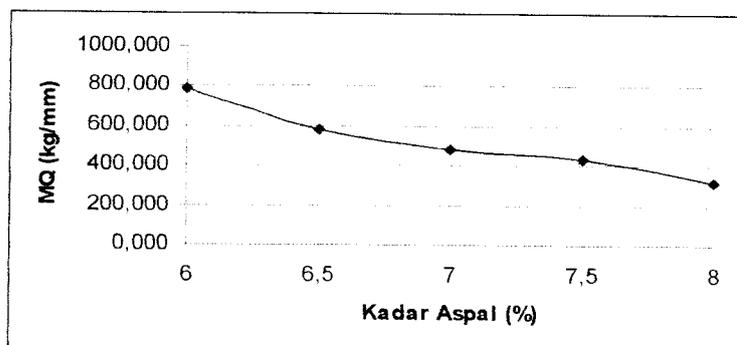
Gambar 4. Grafik hubungan nilai VITM dengan penambahan kadar aspal



Gambar 5. Grafik hubungan nilai Stabilitas dengan penambahan kadar aspal



Gambar 6. Grafik hubungan nilai *Flow* dengan penambahan kadar aspal



Gambar 7. Grafik hubungan nilai MQ dengan penambahan kadar aspal

Kemudian setelah didapat data dari gambar 2 sampai gambar 7 dicari kadar aspal optimum yang mengacu pada persyaratan Bina Marga 1983, yang tertera pada tabel 11 dibawah ini.

Tabel 11. Persyaratan Kualitas Campuran

No	Jenis Pemeriksaan	Persyaratan
1	Stabilitas (kg)	Min 750
2	Flow (mm)	2 – 4
3	VITM (%)	3 – 5
4	VFWA (%)	75 - 82

Sumber : Bina Marga, 1983

Kadar aspal didapat dengan mengambil nilai tengah dari semua nilai kadar aspal yang memenuhi semua spesifikasi seperti tabel 12. berikut ini.

Tabel 12. Kadar Aspal Optimum

Karakteristik	Kadar Aspal				
	6 %	6,5 %	7 %	7,5 %	8 %
Stabilitas	●	●	●	●	●
Flow (mm)	●	●	●	●	●
VITM (%)	●	●	●	●	●
VFWA (%)	●	●	●	●	●
Aspal Optimum	6%	6,375%	6,75%		

Sumber : Hasil Penelitian di Lab. Jalan Raya UII, 2004

Dari tabel diatas didapat kadar aspal optimum (KAO) pada penambahan aspal sebanyak 6,375% dari berat campuran. Selanjutnya pada laporan ini campuran aspal pada kadar optimum disebut dengan campuran aspal biasa pada kadar optimum.

6.1.3.2 Hasil Pemeriksaan Campuran Dengan Penambahan *Poly Ethylene* Pada KAO

Hasil pemeriksaan campuran aspal dengan penambahan *Poly Ethylene* pada kadar aspal optimum untuk masing-masing variasi *Poly Ethylene* dapat dilihat pada tabel 13 berikut ini. Hasil pemeriksaan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 21.

Hasil uji *Marshall* untuk campuran aspal optimum dengan penambahan *Poly Ethylene* dapat dilihat pada tabel 13 berikut ini dan untuk hasil selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 21

Tabel 13. Hasil Uji *Marshall* Campuran Aspal Optimum Dengan Penambahan *Poly Ethylene*

No	Kadar Aspal Opt (%)	<i>Poly Ethylene</i> (%)	VMA (%)	VFWA (%)	VITM (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)
1	6,375	0	18,690	76,216	4,475	2110,55	3,681	620,44
2	6,375	1	18,212	79,747	3,688	2447,244	2,800	874,000
3	6,375	2	18,158	80,036	3,625	2521,943	2,883	874,662
4	6,375	3	17,435	84,094	2,773	2575,459	3,067	839,824
5	6,375	4	17,207	85,443	2,505	2781,719	3,933	707,217
6	6,375	5	17,318	84,778	2,636	2196,387	2,767	793,875

Sumber : Hasil Penelitian di Lab. Jalan Raya UII, 2004

Dari tabel 13. diatas dengan spesifikasi yang digunakan untuk menentukan kadar *Poly Ethylene* optimum pada kadar aspal optimum untuk

adalah spesifikasi dari Bina Marga 1983. Kadar *Poly Ethylene* optimum ditentukan dengan cara grafis yang dapat dilihat pada tabel 14 berikut.

Karakteristik	Kadar <i>Poly Ethylene</i> (%)					Syarat
	1	2	3	4	5	
Stabilitas (kg)	[Horizontal bar from 1 to 5]					≥ 750
Flow (mm)	[Horizontal bar from 1 to 5]					2-4 (mm)
VITM (%)	[Horizontal bar from 1 to 3]					3 - 5 (%)
VFWA (%)	[Horizontal bar from 1 to 3]					75-82 (%)
<i>Poly Ethylene</i>	1	1,75	2,5			

Sumber : Hasil Penelitian di Lab. Jalan Raya UII, 2004

Dari tabel 14. diatas didapat kadar *Poly Ethylene* optimum pada kadar aspal optimum sebanyak 1,75 % dari berat campuran.

6.1.3.3 Pengaruh Kadar *Poly Ethylene* Terhadap Sifat Fisik Aspal (Penetrasi dan Titik Lembek)

Pemeriksaan sifat fisik aspal dengan *Poly Ethylene* dilakukan setelah memperoleh kadar *Poly Ethylene* optimum. Perbandingan sifat fisik aspal dengan dan tanpa *Poly Ethylene* dapat dilihat pada tabel 15 berikut ini. Hasil pemeriksaan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 12 dan lampiran 13.

Tabel 15. Perbandingan Sifat Fisik Aspal Dengan Dan Tanpa *Poly Ethylene*

No.	Jenis Pemeriksaan	<i>Poly Ethylene</i>		Syarat *)		Satuan
		0 %	1,75 (%)	Min	Mak	
1	Penetrasi(25°C,5 detik)	72,8	66,8	60	79	0,1 mm
2	Titik Lembek	50	54	48	58	°C
3	Indek Penetrasi	-0,272	0,488	-	-	-

*) Bina Marga,1983

6.1.3.4 Hasil Pemeriksaan Rendaman (*Immersion Test*)

Hasil pengujian *Marshall* dengan rendaman 24 jam pada kadar aspal optimum menggunakan aspal AC 60/70 dengan penambahan *Poly Ethylene* dapat dilihat pada tabel 16 berikut ini. Hasil perhitungan secara rinci dapat dilihat pada lampiran 22.

Tabel 16. Hasil Pengujian Rendaman Dengan Variasi *Poly Ethylene* Pada Kadar Aspal Optimum

No	KAO (%)	<i>Poly Ethylenae</i> (%)	VFWA (%)	VITM (%)	Flow (%)	Stabilitas (kg)	MQ (kg/mm)
1	6,375	0	78,843	3,949	3,23	1584	643,690
2	6,375	1	84,790	2,637	3	1989	684,026
3	6,375	2	84,077	2,795	3,7	2019	554,004
4	6,375	3	80,848	3,474	3,8	2067	553,705

Sumber: Hasil pemeriksaan Lab. Jalan Raya UII, 2004

6.1.3.5 Hasil Pemeriksaan Nilai Kohesi

Hasil pemeriksaan yang dilakukan di Laboratorium Transportasi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada (UGM) pada kadar aspal optimum dan penambahan variasi *Poly Ethylene* untuk mencari nilai kohesi dapat dilihat pada tabel 17 berikut. Hasil pemeriksaan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 23.

Tabel 17. Hasil Pengujian Nilai Kohesi Dengan Variasi *Poly Ethylene* Pada KAO

No.	Kadar Aspal Optimum (%)	<i>Poly Ethylene</i> (%)	Tebal Benda Uji (inchi)	Nilai Kohesi (gram/Inchi)
1	6,375	0	2,364	818,134
2	6,375	1	2,36	821,326
3	6,375	2	2,381	825,180
4	6,375	3	2,4	820,945

Sumber. Hasil Pemeriksaan Lab. Transportasi FT UGM, 2004

6.2 Pembahasan

6.2.1 Sifat Fisik Bahan

6.2.1.1 Agregat

Agregat yang digunakan pada penelitian ini adalah hasil *stone crusher* dari PT. Selo Arta Mas, Yogyakarta. Hasil pemeriksaan yang dilakukan di laboratorium Jalan Raya UII, Yogyakarta untuk jenis agregat kasar dan halus menunjukkan bahwa agregat yang digunakan memenuhi persyaratan sebagai bahan penyusun campuran *Hot Rolled Asphalt (HRA)*. Hasil pemeriksaan tersebut dapat dilihat pada tabel 7 dan tabel 8.

Pengujian dengan mesin *Los Angeles* terhadap tingkat keausan agregat dimaksudkan untuk menentukan ketahanan agregat terhadap keausan. Agregat yang digunakan dalam campuran merupakan komponen yang berfungsi mendukung beban lalu lintas yang bekerja diatas perkerasan sehingga diperlukan agregat yang tahan terhadap keausan oleh gesekan dari roda kendaraan. Hasil pemeriksaan keausan menunjukkan nilai keausan sebesar 18,8%, jauh lebih rendah dibandingkan dengan persyaratan ($\leq 40\%$).

Pengujian kelekatan agregat terhadap aspal bertujuan untuk mengetahui besarnya kemampuan agregat untuk dilekati oleh aspal. Daya lekat ini akan mempengaruhi *internal friction* campuran. Semakin tinggi daya ikat yang diberikan aspal terhadap agregat maka *internal friction* akan semakin tinggi, sehingga nilai stabilitas campuran semakin meningkat. Hasil Yang diberikan dari hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa nilai kelekatan sebesar 99% lebih besar dari yang disyaratkan ($> 95\%$).

Pengujian agregat terhadap penyerapan air bertujuan untuk mengetahui besarnya porositas dari agregat, semakin besar nilai penyerapan mengidentifikasikan agregat semakin bersifat *porous*. Hasil pemeriksaan menunjukkan nilai penyerapan terhadap air oleh agregat sebesar 2,3% untuk agregat kasar dan sebesar 1,729 % untuk agregat halus. Nilai ini sesuai dengan yang disyaratkan ($\leq 3\%$).

Berat jenis dan penyerapan adalah dua parameter yang saling berkaitan erat. Berat jenis yang tinggi menunjukkan batuan yang padat dan kuat serta menunjukkan porositas yang rendah, sebaliknya batuan dengan nilai berat jenis kecil menunjukkan tingkat kekuatan yang rendah dan porositas yang tinggi. Hasil pemeriksaan berat jenis menunjukkan nilai berat jenis agregat kasar sebesar 2,604 dan untuk agregat halus sebesar 2,809. Nilai ini lebih besar dari spesifikasi yang disyaratkan ($\geq 2,5$).

Nilai *sand equivalent* agregat halus menunjukkan tingkat kebersihan agregat terhadap debu, lumpur atau kotoran lainnya. Hasil pemeriksaan diperoleh nilai *sand equivalent* agregat halus sebesar 64,815 %. Nilai ini lebih besar dari yang disyaratkan ($> 50\%$), ini berarti mengidentifikasikan bahwa agregat dalam keadaan cukup bersih dan terbebas dari kandungan lumpur, debu, maupun kotoran lain yang dapat mengganggu lekatan aspal dengan agregat.

6.2.1.2 Aspal

Pemeriksaan penetrasi aspal bertujuan mengetahui tingkat kekerasan aspal. Semakin keras aspal ditunjukkan oleh semakin kecilnya angka penetasi aspal. Semakin keras aspal menunjukkan semakin lekatnya aspal dan semakin besar

kohesinya. Hasil pemeriksaan menunjukkan nilai penetrasai aspal sebesar 62,8 mm, Nilai ini sesuai untuk aspal AC 60/70 yang harus memiliki angka penetrasi antara 60 mm sampai 79 mm.

Pemeriksaan titik lembek aspal bertujuan untuk mengetahui kepekaan aspal terhadap temperatur dimana aspal akan lembek apabila berada pada temperatur tinggi. Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa titik lembek aspal sebesar 50°C, nilai ini masih sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan (48°C - 58°C).

Aspal merupakan bahan yang bersifat termoplastik, yaitu kekentalan dipengaruhi temperatur. Semakin tinggi temperatur aspal semakin lunak atau cair. Pemeriksaan titik nyala aspal bertujuan untuk mengetahui batas temperatur dimana aspal masih cukup aman untuk dipanaskan. Hasil pemeriksaan menunjukkan titik nyala aspal pada temperatur 340°C, nilai ini jauh lebih besar dari spesifikasi yang disyaratkan ($\geq 200^\circ\text{C}$).

Pemeriksaan dalam kelarutan CCL_4 bertujuan untuk menentukan jumlah aspal yang larut dalam CCL_4 . Jumlah yang larut menunjukkan kemurnian aspal. Makin besar aspal yang larut menunjukkan kemurnian aspal makin tinggi, artinya makin kecil kandungan bahan lain yang dapat mengganggu ikatan aspal dan batuan. Hasil pemeriksaan menunjukkan kelarutan dalam CCL_4 sebesar 99,381 gram, nilai ini masih sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan (≥ 99 gram).

Pengujian daktilitas bertujuan untuk mengetahui keliatan atau kohesi dalam aspal itu sendiri yang dapat mempengaruhi nilai fleksibilitas campuran. Fleksibilitas campuran menunjukkan kemampuan campuran untuk menahan lendutan yang terjadi tanpa mengalami kerusakan. Hasil pemeriksaan daktilitas

menunjukkan nilai sebesar 163,5 cm dan lebih besar dari spesifikasi yang disyaratkan (> 100 cm).

Berat jenis aspal perlu diperhatikan dalam merancang campuran antra agregat dan aspal. Hasil pengujian berat jenis menunjukkan nilai sebesar 1,038 sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan ($> 1,00$).

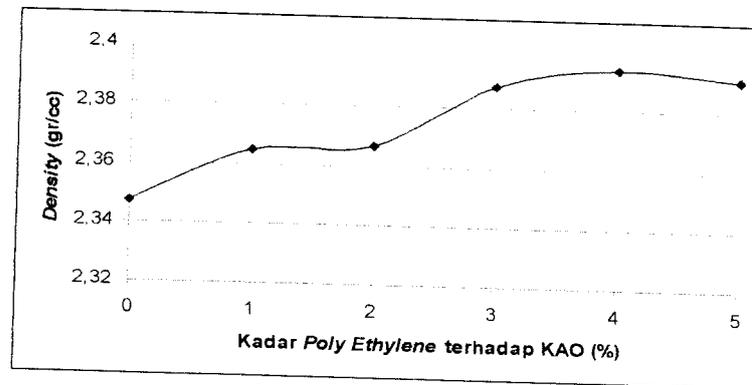
6.2.2 Karakteristik *Marshall* Campuran HRA

6.2.2.1 *Density*

Nilai kepadatan campuran (*density*) menunjukkan derajat kepadatan suatu campuran yang sudah dipadatkan. Campuran dengan *density* tinggi akan mampu menahan beban yang lebih besar dibandingkan dengan *density* yang rendah. Nilai *density* dipengaruhi oleh bahan penyusunnya dan pelaksanaan pemadatan, baik temperatur pemadatan maupun jumlah tumbukkan.

Campuran akan memiliki nilai *density* tinggi apabila memakai bahan yang memiliki porositas rendah, peningkatan pemakaian kadar aspal yang cukup, serta campuran dengan rongga agregat yang kecil. Nilai *density* juga akan meningkat jika energi pemadatan tinggi serta pada temperatur pemadatan yang tepat.

Dari hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai *density* yang ditunjukkan dengan grafik pada gambar 8. berikut :



Gambar 8. Grafik hubungan antara nilai density campuran aspal *Poly Ethylene* dengan campuran aspal biasa

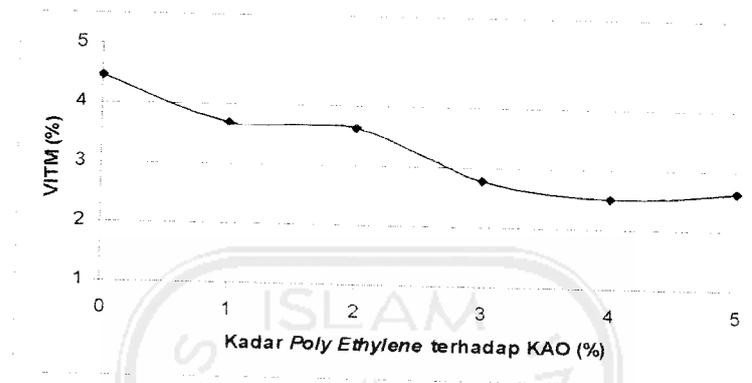
Nilai *density* campuran HRA semakin meningkat seiring penambahn kadar *Poly Ethylene*, hal ini disebabkan karena aspal dengan *Poly Ethylene* bersama-sama mengisi rongga antar agregat yang mengakibatkan kerapatan campuran menjadi semakin tinggi sehingga nilai *density* cenderung mengalami kenaikan.

6.2.2.2 Pengaruh *Poly Ethylene* Terhadap VITM

Volume rongga dalam campuran (VITM), biasanya dinyatakan dalam persen rongga dalam campuran total. Nilai VITM berpengaruh terhadap kekedapan campuran, apabila nilai VITM besar berarti rongga yang ada dalam campuran tersebut besar sehingga akan menyerap aspal secara berlebihan. Selain itu nilai VITM juga menunjukkan nilai kekakuan campuran. Campuran aspal yang memiliki nilai VITM kecil mempunyai kekakuan yang tinggi dan sebaliknya apabila campuran aspal memiliki nilai VITM besar kekakuannya menjadi rendah.

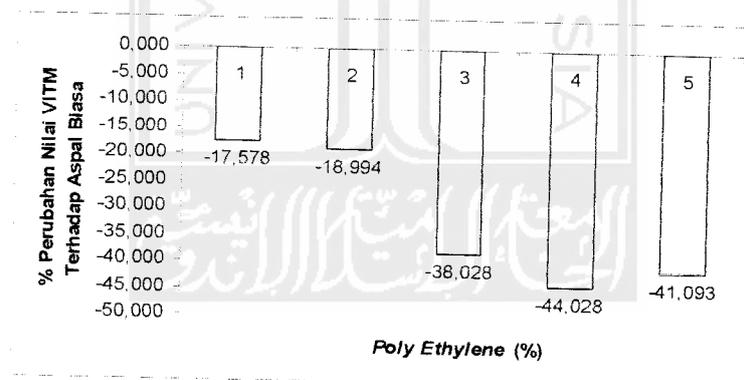
Dengan penambahan *Poly Ethylene*, jumlah kandungan rongga pada campuran akan semakin kecil. Dari gambar 9. jumlah kandungan rongga mempunyai kecenderungan lebih kecil. Hal ini disebabkan karena semakin banyak kadar *Poly Ethylene* yang ditambahkan semakin banyak pula rongga yang

dapat diisi oleh aspal *Poly Ethylene* tersebut. Pada saat pemadatan aspal *Poly Ethylene* dapat merapat dan butir bahan pengisi akan mengisi rongga yang ada, sehingga campuran menjadi lebih rapat dan memperkecil rongga yang terjadi.



Gambar 9. Grafik hubungan antara nilai VITM campuran aspal *Poly Ethylene* dengan campuran aspal biasa.

Besarnya prosentase penurunan nilai VITM aspal *Poly Ethylene* terhadap aspal biasa dapat dilihat pada gambar 10. berikut ini.



Gambar 10. Grafik persentase penurunan nilai VITM campuran aspal *Poly Ethylene* terhadap campuran aspal biasa.

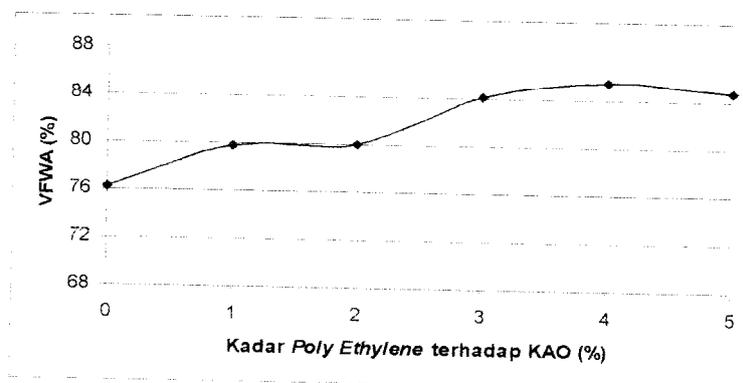
Dari persyaratan Bina Marga untuk beban lalu lintas berat, nilai VITM yang diijinkan berkisar antara 3% sampai dengan 5%. Dari hasil di atas maka penambahan *Poly Ethylene* sebesar 1% sampai 2% memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan.



6.2.2.3 Pengaruh *Poly Ethylene* Terhadap VFWA

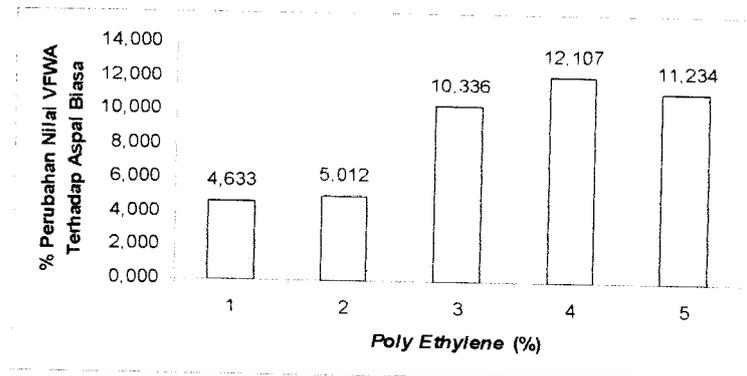
Nilai VFWA memperlihatkan persentase rongga yang terisi aspal, apabila VFWA besar berarti banyak rongga yang terisi aspal sehingga kedekatan campuran terhadap udara dan air menjadi tinggi. Akan tetapi nilai VFWA yang terlalu besar akan menyebabkan *bleeding*. Hal ini disebabkan aspal yang berjumlah besar apabila menerima beban dan panas akan mencari rongga yang kosong. Jika rongga yang tersedia sedikit dan semua telah terisi maka aspal akan naik kepermukaan yang kemudian terjadi *bleeding*. Sebaliknya apabila nilai VFWA terlalu kecil berarti rongga yang ada cukup besar dan mengakibatkan kedekatan perkerasan akan semakin kecil karena udara akan mengoksidasi aspal dalam campuran sehingga keawetan berkurang.

Dari gambar 11. terlihat bahwa penambahan *Poly Ethylene* mempunyai kecenderungan menaikkan nilai VFWA. Hal ini disebabkan karena aspal *Poly Ethylene* semakin banyak dan bersama-sama mengisi rongga antar butir agregat pada saat pencampuran dan pemadatan, sehingga dengan semakin banyaknya kadar *Poly Ethylene* dan kadar aspal akan mengakibatkan *film* aspal semakin tebal dan rongga yang terisi aspal semakin banyak.



Gambar 11. Grafik hubungan antara nilai VFWA campuran aspal *Poly Ethylene* dengan campuran aspal biasa

Besarnya kenaikan nilai VFWA campuran aspal *Poly Ethylene* terhadap campuran aspal biasa dapat dilihat pada gambar 12. dibawah ini.



Gambar 12 Grafik persentase kenaikan nilai VFWA campuran aspal *PolyEthylene* dengan campuran aspal biasa.

Nilai VFWA yang mengacu pada persyaratan Bina Marga 1983, untuk lalu lintas berat adalah 75% sampai dengan 82%. Dari hasil di atas penambahan *Poly Ethylene* sebesar 1% sampai dengan 2% memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan.

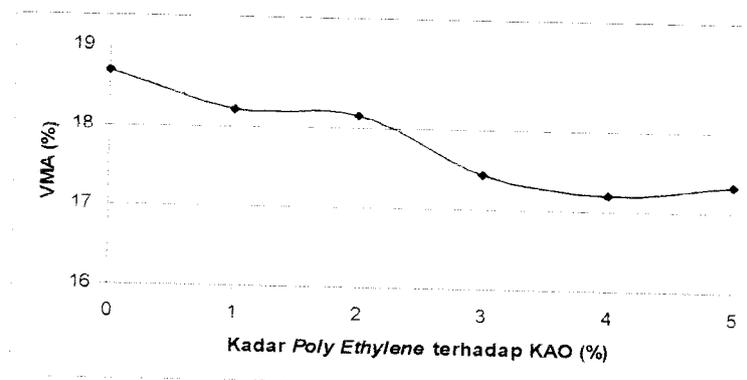
6.2.2.4 Pengaruh Penambahan *Poly Ethylene* Terhadap Nilai VMA (*Void in Mineral Aggregate*)

Nilai VMA adalah rongga udara antar butiran agregat dalam campuran agregat aspal padat, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif yang dinyatakan dalam persen terhadap total campuran.

Faktor yang mempengaruhi nilai VMA antara lain jumlah tumbukan, gradasi agregat dan kadar aspal. Nilai VMA berpengaruh terhadap sifat kedapair dan keawetan campuran terhadap air dan udara bebas serta elastisitas campuran. Semakin tinggi nilai VMA berarti semakin banyak rongga dalam campuran yang terisi aspal sehingga kedapairan campuran terhadap air dan udara semakin tinggi, namun nilai VMA yang terlalu tinggi dapat berakibat terjadinya *bledding* pada

perkerasan yang menerima beban pada temperatur tinggi. Nilai VMA yang terlalu rendah akan menyebabkan lapisan kurang dapat mengikat aspal sehingga pada perkerasan mudah terjadi *raveling*, *stripping* dan lain sebagainya.

Dari gambar 13. dapat dilihat bahwa semakin besar penambahan kadar *Poly Ethylene* nilai VMA yang diberikan semakin rendah. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan kadar *Poly Ethylene* meningkatkan kekentalan aspal yang ditandai dengan penurunan nilai penetrasi. Dengan penambahan *Poly Ethylene* mengakibatkan nilai penetrasi menurun dan secara teoritis hal ini berakibat pada nilai viskositas yang lebih tinggi sehingga lebih sulit untuk mengisi rongga yang ada dalam campuran, sehingga rongga dalam butiran agregat semakin jauh yang menyebabkan nilai VMA semakin tinggi. Hasil penelitian hubungan kadar *Poly Ethylene* pada kadar aspal optimum terhadap nilai VMA menunjukkan hasil yang berlawanan dan kemungkinan hal ini disebabkan karena penambahan kadar *Poly Ethylene* mampu meningkatkan nilai kohesi aspal, sehingga ikatan antar aspal dan agregat semakin kuat yang mengakibatkan campuran semakin rapat seiring penambahan kadar *Poly Ethylene*, sehingga nilai VMA semakin rendah



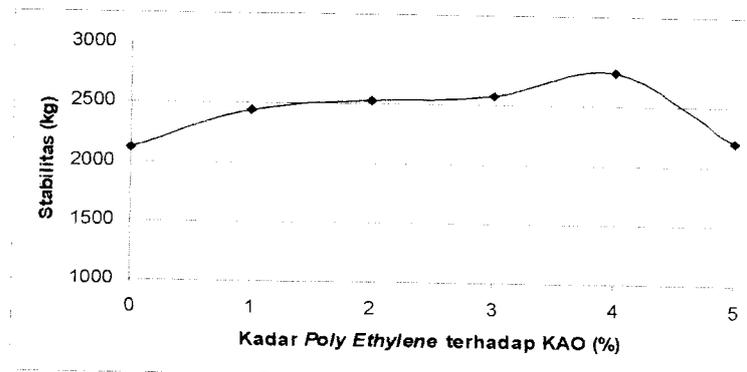
Gambar 13. Grafik hubungan antara kadar *Poly Ethylene* terhadap nilai VMA

6.2.2.5 Pengaruh Penambahan *Poly Ethylene* Terhadap Stabilitas

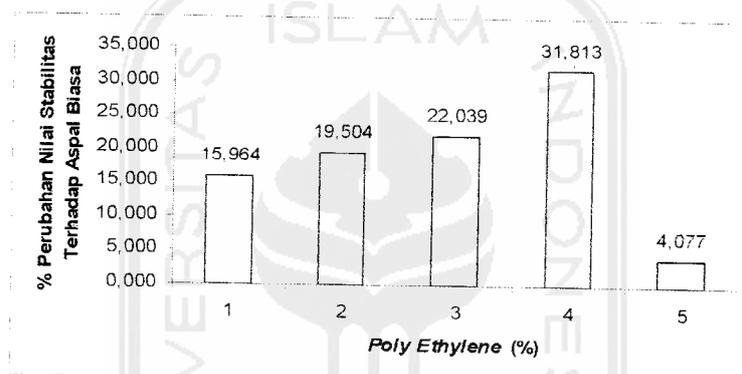
Nilai stabilitas menunjukkan besarnya kemampuan perkerasan menahan beban tanpa terjadi deformasi permanen akibat beban lalu lintas yang bekerja. Perkerasan yang mempunyai nilai stabilitas yang tinggi akan mampu menahan beban lalu lintas yang besar. Beberapa hal yang mempengaruhi nilai stabilitas diantaranya adalah ketahanan terhadap gesekan antar agregat, bentuk permukaan agregat, kepadatan campuran dan kemampuan saling mengunci antar butir agregat.

Dari gambar 14. tampak bahwa penambahan *Poly Ethylene* dapat meningkatkan nilai stabilitas pada kadar penambahan *Poly Ethylene* 0% sampai dengan 4%. Penambahan *Poly Ethylene* sebesar 4% menghasilkan nilai stabilitas 2781 kg, sedangkan nilai stabilitas tanpa penambahan *Poly Ethylene* sebesar 2110,35 kg. Jika dibandingkan dengan campuran tanpa bahan tambah, nilai stabilitas aspal dengan penambahan *Poly Ethylene* 4% naik sebesar 31%. Besarnya prosentase kenaikan stabilitas terhadap aspal bisa dilihat pada gambar 15.

Nilai stabilitas naik disebabkan oleh aspal yang ditambahkan *Poly Ethylene* menjadi lebih keras yang ditunjukkan dengan nilai penetrasi campuran aspal *Poly Ethylene* lebih rendah dari penetrasi aspal minyak dan ini mengidentifikasi aspal menjadi lebih keras. Selain itu dengan penambahan *Poly Ethylene* pada campuran aspal menyebabkan rongga yang ada pada campuran menjadi lebih kecil karena *Poly Ethylene* dengan aspal membentuk ikatan yang kompak dan mampu mengisi rongga yang kosong, sehingga kepadatannya meningkat, hal ini menyebabkan nilai stabilitas menjadi lebih besar.



Gambar 14. Grafik hubungan antara nilai Stabilitas campuran aspal *Poly Ethylene* dengan campuran aspal biasa



Gambar 15. Grafik persentase kenaikan nilai Stabilitas campuran aspal *Poly Ethylene* terhadap campuran aspal biasa.

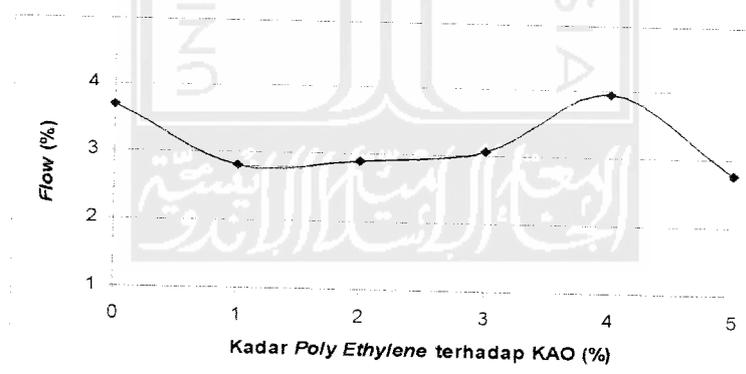
Sesuai persyaratan Bina Marga 1983, nilai stabilitas untuk lalu lintas berat minimal 750 kg. Dari hasil penelitian ini didapat bahwa penambahan *Poly Ethylene* sebesar 1% sampai dengan 5% memenuhi spesifikasi yang disyaratkan.

6.2.2.6 Pengaruh *Poly Ethylene* Terhadap *Flow*

Nilai *flow* menyatakan besarnya deformasi yang terjadi pada suatu lapis keras akibat beban lalu lintas. Campuran yang memiliki nilai *flow* rendah dengan stabilitas tinggi menunjukkan bahwa perkerasan tersebut memiliki nilai kekakuan yang cukup tinggi, sebaliknya nilai *flow* yang terlalu tinggi mengakibatkan

campuran bersifat plastis dan mudah mengalami perubahan bentuk akibat beban lalu lintas.

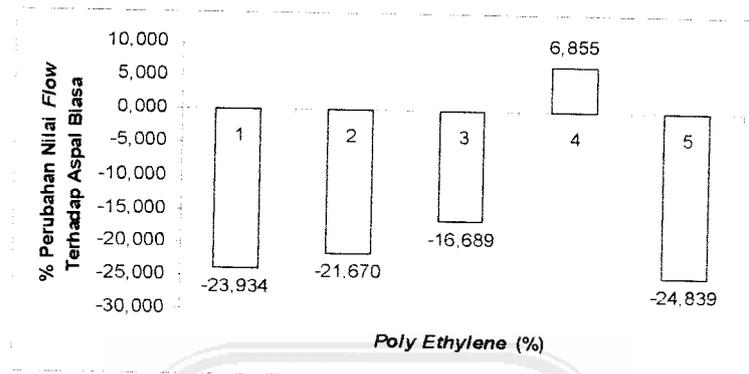
Dari gambar 16. dapat dilihat bahwa penambahan *Poly Ethylene* 1% sampai 4% mengakibatkan nilai *flow* campuran naik. Naiknya nilai *flow* disebabkan karena aspal dengan penambahan *Poly Ethylene* memberikan nilai penetrasi yang lebih kecil dan ini menyebabkan aspal menjadi lebih kaku selain itu juga penambahan *Poly Ethylene* terhadap aspal memberikan nilai titik lembek lebih besar jika dibandingkan dengan aspal biasa. Meningkatnya nilai *Flow* dengan penambahan *Poly Ethylene* 1% sampai 4% jika dibandingkan dengan campuran tanpa bahan tambah mengidentifikasi secara umum nilai *flow* nya lebih rendah dan itu berarti aspal dengan tambahan *Poly Ethylene* lebih memiliki nilai kekakuan yang lebih besar dibandingkan dengan aspal tanpa tambahan *Poly Ethylene*.



Gambar 16. Grafik hubungan antara nilai *flow* campuran aspal *Poly Ethylene* dengan campuran aspal biasa

Dari gambar 16. diatas menunjukkan bahwa penambahan *Poly Ethylene* sebesar 1% sampai 5% dari berat aspal memadai, artinya sifat fleksibilitas masih memenuhi dari spesifikasi yang disyaratkan . Besarnya persentase perubahan nilai

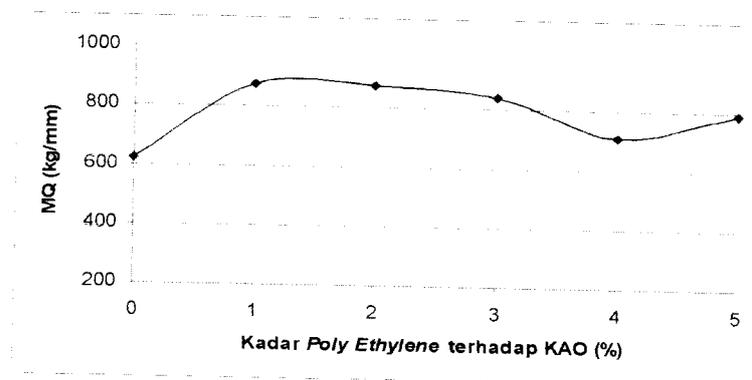
flow campuran aspal *Poly Ethylene* terhadap campuran aspal biasa dapat dilihat pada gambar 17. berikut ini.



Gambar 17. Grafik persentase kenaikan nilai *flow* campuran aspal *Poly Ethylene* terhadap campuran aspal biasa.

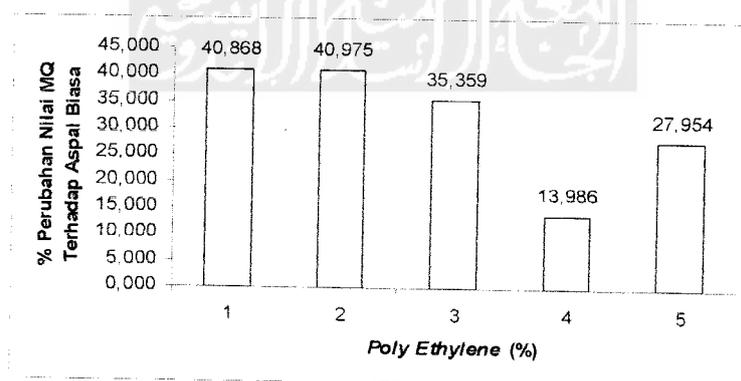
6.2.2.7 Pengaruh *Poly Ethylene* Terhadap *Marshall Quotient*

Nilai *Marshall Quotient* biasa dipakai sebagai pendekatan untuk mengukur tingkat fleksibilitas dari suatu lapis perkerasan. Nilai ini merupakan hasil bagi dari stabilitas dengan nilai *flow* (kelelahan). Stabilitas tinggi dengan nilai *flow* yang rendah menghasilkan perkerasan yang kaku sehingga campuran yang terjadi menjadi getas. Sebaliknya stabilitas yang rendah dengan kelelahan yang tinggi menjadikan campuran terlalu plastis yang berakibat perkerasan akan mengalami deformasi yang besar jika menerima beban lalu lintas.



Gambar 18. Grafik hubungan antara nilai *Marshall Quotient* campuran aspal *Poly Ethylene* dengan campuran aspal biasa.

Dari gambar 18. diatas secara umum memperlihatkan bahwa nilai *Marshall Quotient* campuran aspal *Poly Ethylene* menurun seiring dengan bertambahnya *Poly Ethylene*. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan kadar *Poly Ethylene* mengakibatkan campuran semakin kaku jika dibandingkan dengan campuran aspal biasa. Peningkatan nilai MQ terhadap campuran aspal biasa disebabkan oleh meningkatnya nilai stabilitas dan nilai *Flow* yang rendah. Nilai *Marshall Quotient* campuran aspal *Poly Ethylene* tertinggi terjadi pada penambahan *Poly Ethylene* sebesar 2% yaitu sebesar 874,66 kg/mm.



Gambar 19. Grafik persentase kenaikan nilai *Marshall Quotient* campuran aspal *Poly Ethylene* terhadap aspal biasa.

Persentase kenaikan *Marshall Quotient* campuran aspal *Poly Ethylene* pada penambahan *Poly Ethylene* 1% sampai dengan 5% berkisar antara 14% sampai dengan 41%.

6.2.2.8 Pengaruh Penambahan *Poly Ethylene* Terhadap *Index Of Retained Strength*

Index of Retained Strength atau indek tahanan kekuatan dapat diketahui dengan perendaman *Marshall (Immersion Test)*. Uji ini untuk mengetahui perubahan karakteristik dari campuran akibat pengaruh suhu, cuaca dan air. Pada prinsipnya pengujian ini sama dengan uji *Marshall* hanya lama perendaman pada suhu konstan 60°C dilakukan selama 24 jam sebelum pembebanan dilakukan.

Indek tahanan kekuatan dihitung dengan membandingkan nilai stabilitas setelah direndam selama 24 jam (S2) dengan nilai stabilitas campuran biasa yang direndam selama 0,5 jam (S1). Apabila indek tahanan kekuatan lebih dari atau sama dengan 75 % campuran tersebut dapat dikatakan memiliki tahanan kekuatan yang cukup memuaskan dari kerusakan yang disebabkan oleh pengaruh air, suhu, dan cuaca. Hasil uji rendaman (*Immersion Test*) dapat dilihat pada Tabel 18 berikut.

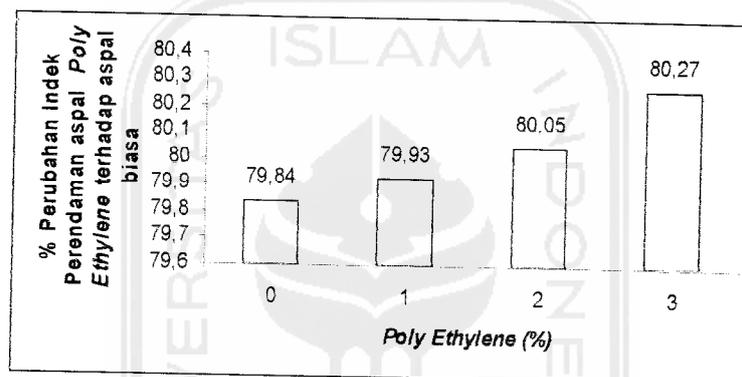
Tabel 18. Hasil Uji Perendaman Pada Kadar Aspal Optimum

No.	Kadar <i>Poly Ethylene</i> (%)	Stabilitas		Indek Perendaman (%)
		30 menit	24 jam	
1	0	1985	1584	79,84
2	1	2447	1989	79,93
3	2	2522	2019	80,05
4	3	2575	2067	80,27

Sumber : Hasil Penelitian di Lab. Jalan Raya UH, 2004

Dari Tabel 18. diatas, campuran aspal *Poly Ethylene* yang direndam selama 24 jam menghasilkan nilai stabilitas yang lebih rendah dari pada stabilitas campuran aspal *Poly Ethylene* pada perendaman 30 menit. Hal ini disebabkan karena selama proses perendaman air masuk kedalam pori-pori campuran sehingga mengurangi nilai kohesi dan penguncian antar agregat.

Persentase kenaikan nilai Indeks Perendaman dapat dilihat pada gambar 20 berikut ini.

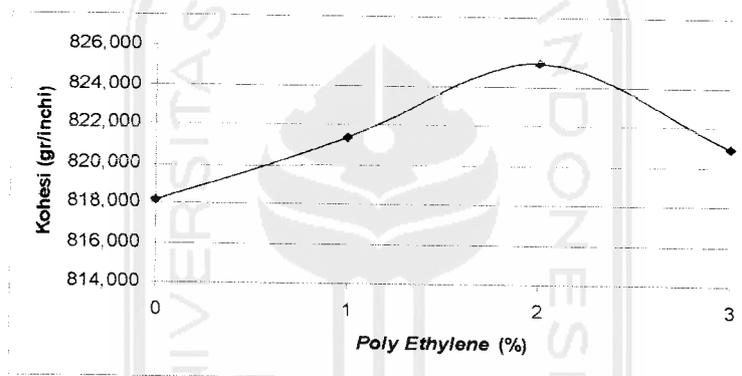


Gambar 20. Grafik persentase kenaikan nilai Indeks Perendaman dengan dan tanpa *Poly Ethylene*

Dari tabel 16, tabel 18 dan gambar 20 yang ditunjukkan diatas bahwa nilai Indeks Perendaman (PI) campuran dengan penambahan *Poly Ethylene* 1% sampai 3% lebih tinggi bila dibandingkan dengan campuran tanpa *Poly Ethylene* sehingga mengidentifikasi bahwa penambahan *Poly Ethylene* membuat campuran lebih awet. Hal ini disebabkan karena campuran dengan *Poly Ethylene* memiliki VITM yang lebih rendah dan nilai VFWA yang lebih tinggi sehingga *film* aspal semakin tebal, disamping nilai permeabilitas yang lebih rendah sehingga lebih kedap.

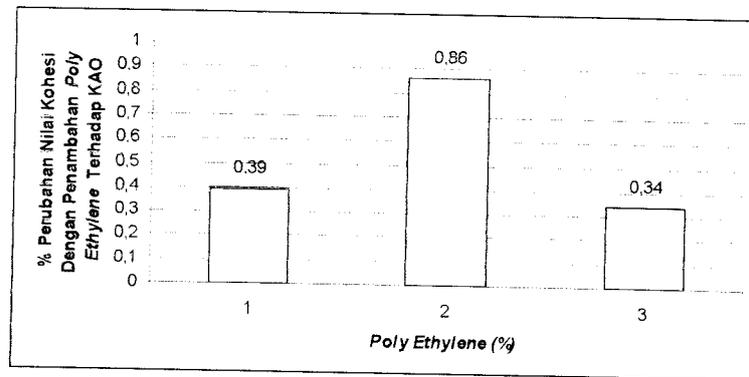
6.2.2.9 Pengaruh *Poly Ethylene* Terhadap Nilai Kohesi

Nilai Kohesi sebagai salah satu faktor yang mempengaruhi nilai stabilitas suatu campuran harus memenuhi syarat yang direkomendasikan oleh *The Asphalt Institute* harus lebih besar dari 50 gram/inchi. Dan dari hasil penelitian didapat nilai kohesi semakin bertambah sampai dengan penambahan *Poly Ethylene* 2%, dan setelah 2% nilai kohesi campuran menurun. Hasil pengujian nilai kohesi dengan dan tanpa penambahan *Poly Ethylene* dapat dilihat pada gambar 21. berikut. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 22.



Gambar 21. Grafik hubungan antara nilai kohesi campuran *Poly Ethylene* dengan campuran aspal biasa

Dari gambar 21. diatas terlihat bahwa penambahan *Poly Ethylene* 1% sampai dengan 3% memberikan nilai kohesi yang semakin naik. Hal ini disebabkan karena meningkatnya kerapatan dan ikatan yang diberikan oleh aspal dengan penambahan *Poly Ethylene* dalam campuran agregat aspal.



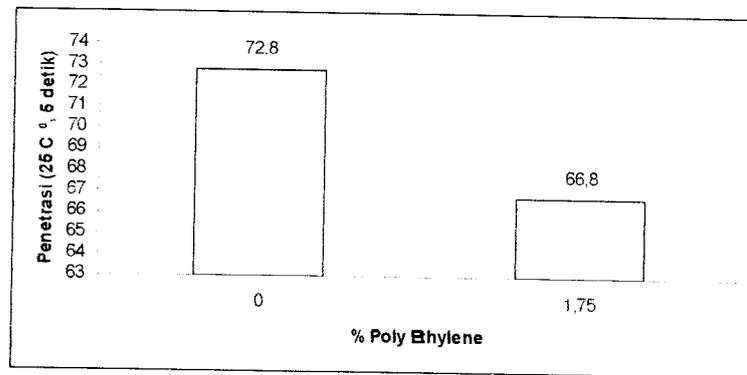
Gambar 22. Grafik prosentase kenaikan nilai kohesi campuran *Poly Ethylene* terhadap campuran aspal biasa.

Dari gambar 22. terlihat prosentase kenaikan nilai kohesi pada penambahan *Poly Ethylene* 2% sebesar 0,86% dari campuran tanpa *Poly Ethylene*. Semakin tingginya nilai kohesi disebabkan karena *Poly Ethylene* mampu membentuk aspal dengan konsistensi tinggi yang mampu menurunkan nilai penetrasi aspal dan nilai VITM yang diberikan lebih kecil sehingga aspal dengan *Poly Ethylene* dapat mengisi rongga dalam campuran dan memberikan lekatan untuk gesekan antara agregat.

6.2.2.10 Pengaruh Kadar *Poly Ethylene* Terhadap Sifat Fisik Aspal

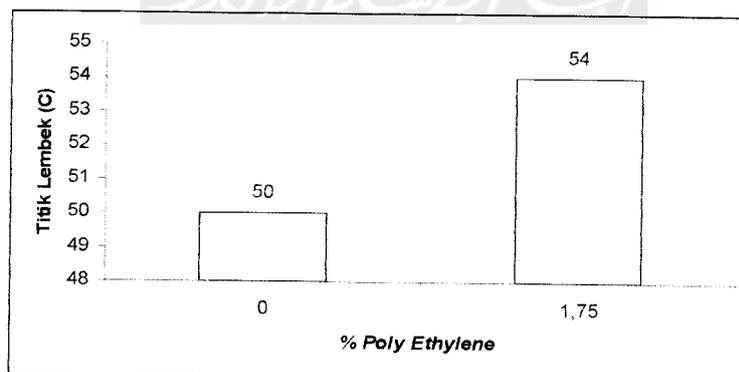
(Penetrasi, Titik Lembek dan Indek Penetrasi)

Dari tabel 15. pada hasil penelitian menggambarkan kekerasan aspal meningkat dengan penambahan *Poly Ethylene*. Hal ini ditunjukkan dengan nilai penetrasi aspal dengan *Poly Ethylene* lebih rendah dibandingkan aspal tanpa *Poly Ethylene*. Nilai penetrasi yang lebih rendah ini mengindikasikan bahwa viskositas atau kekentalannya lebih tinggi. Penambahan *Poly Ethylene* menyebabkan naiknya nilai kohesi aspal yang ditandai dengan nilai stabilitas yang semakin meningkat.

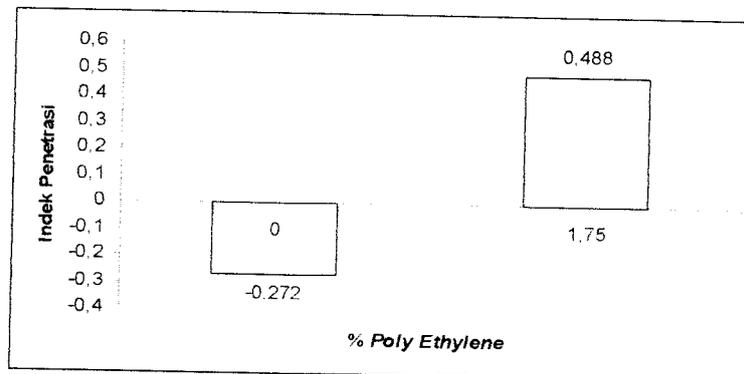


Gambar 23. Grafik hubungan antara kadar *Poly Ethylene* dengan nilai Penetrasi aspal

Hasil titik lembek dan Indeks Penetrasi seperti pada tabel 15 gambar 23 dan gambar 24. menunjukkan aspal dengan *Poly Ethylene* memiliki titik lembek yang lebih tinggi dibandingkan dengan aspal tanpa *Poly Ethylene*. Dilihat dari nilai Indeks Penetrasi aspal dengan *Poly Ethylene* lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa *Poly Ethylene*. Hal ini mengidentifikasikan bahwa aspal dengan *Poly Ethylene* memiliki kepekaan terhadap temperatur yang lebih rendah dibandingkan dengan aspal tanpa *poly Ethylene*, sehingga apabila digunakan untuk campuran HRA akan mengakibatkan lebih tahan terhadap temperatur dan cocok untuk digunakan pada daerah yang retif temperaturnya tinggi.



Gambar 24. Grafik hubungan penambahan *Poly Ethylene* terhadap titik lembek



Gambar 25. Grafik hubungan kadar *Poly Ethylene* terhadap nilai Indek Penetrasi

6.3 Rekapitulasi Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan pada sebelumnya mengenai karakteristik campuran HRA dengan dan tanpa *Poly Ethylene* sebagai berikut :

1. Nilai *density* semakin meningkat dengan penambahan kadar *Poly Ethylene* sampai 5%, dengan nilai tertinggi pada penambahan *Poly Ethylene* 4% dengan peningkatan sebesar 2%.
2. Jumlah kandungan rongga dalam campuran (VITM) untuk campuran aspal dengan *Poly Ethylene* lebih kecil dari campuran tanpa *Poly Ethylene*. Penambahan *Poly Ethylene* sampai kadar 5% dapat menurunkan nilai VITM sebesar 44,028%.
3. Penambahan *Poly Ethylene* meningkatkan nilai VFWA sampai dengan kadar *Poly Ethylene* 5%. Penambahan kadar *Poly Ethylene* 1% sampai dengan 4% memberikan kenaikan sebesar 12,107%.

4. Dengan bertambahnya kadar *Poly Ethylene* mengakibatkan nilai VMA mengalami penurunan dan persentase penurunan sampai 8% pada penambahan *Poly Ethylene* 4%.
5. Penambahan *Poly Ethylene* meningkatkan nilai stabilitas dengan nilai stabilitas tertinggi dicapai pada penambahan *Poly Ethylene* 4%, yaitu sebesar 2781 kg
6. Penambahan *Poly Ethylene* sampai kadar 4% mengakibatkan naiknya nilai *flow* sebesar 6,855% tetapi secara umum lebih rendah dari nilai *flow* aspal tanpa *Poly Ethylene*.
7. Nilai *Marshall Quotient* (MQ) dengan penambahan kadar *Poly Ethylene* sampai dengan 5% mengalami peningkatan. Nilai MQ tertinggi sebesar 874,66 kg/mm pada penambahan *Poly Ethylene* 2%, dan terendah sebesar 707,22 kg/mm pada kadar *Poly Ethylene* 4%.
8. Penambahan kadar *Poly Ethylene* sampai dengan 3% menyebabkan nilai indek perendaman (IP) mengalami peningkatan sebesar 0,5%.
9. Nilai kohesi dengan penambahan kadar *Poly Ethylene* sampai dengan 3% mengalami peningkatan sebesar 0,86%. Nilai kohesi tertinggi didapat pada penambahan *Poly Ethylene* 2%, sebesar 821,326 gram/inchi.
10. Penambahan *Poly Ethylene* meningkatkan viskositas aspal. Kenaikan viskositas aspal ini dapat dilihat pada nilai penetrasi aspal dengan *Poly Ethylene* lebih rendah dibandingkan aspal tanpa *Poly Ethylene*. Kadar *Poly Ethylene* 1,75% terhadap kadar aspal optimum memberikan nilai penetrasi sebesar 66,8 mm, sedangkan aspal tanpa *Poly Ethylene* didapat nilai penetrasi sebesar 72,8 mm.

11. Secara umum penambahan *Poly Ethylene* menghasilkan karakteristik *Marshall* yang lebih baik dibandingkan dengan tanpa penambahan *Poly Ethylene* yang ditunjukkan dengan semakin meningkatnya nilai *density*, VFWA, stabilitas, MQ, indek perendaman (IP) dan kohesi, serta menurunkan nilai *flow*, VITM dan VMA.

