

## **PENGARUH PENGGUNAAN MINYAK PELUMAS BEKAS PADA BETON ASPAL YANG TERENDAM AIR LAUT DAN AIR HUJAN**

**JF. Soandrijanie L**

*Program Studi Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Jl Babarsari 44 Yogyakarta  
Email: jose@staff.uajy.ac.id*

### **ABSTRAK**

Musim hujan yang datang bukan waktunya, terkadang turun tiada henti sampai melampaui musim kemarau. Curah hujan yang tinggi dapat menimbulkan meluapnya air hujan maupun air laut. Luapan air hujan ataupun air laut yang menggenangi jalan-jalan dapat berakibat mempercepat terjadinya kerusakan lapis perkerasan lentur jalan. Untuk itu perlu adanya bahan tambah yang dapat meningkatkan daya tahan perkerasan lentur, khususnya beton aspal akibat terendam air laut maupun air hujan

Penelitian ini diawali dengan mencari nilai aspal optimum dari beton aspal tanpa dan dengan minyak pelumas (oli) bekas. Selanjutnya dipilih 3 variasi yang memiliki nilai aspal optimum yang hampir sama dengan persentase minyak pelumas bekas terbanyak. Tahap ke tiga membuat benda uji dengan 4 variasi kadar minyak pelumas bekas dan 4 variasi lama perendaman (12,24,48, dan 72 jam) untuk 2 jenis bahan perendam (air hujan dan air laut). Tahap terakhir membuat benda uji dari kadar aspal optimum yang diperoleh pada tahap 3 dengan variasi perendaman yang sama.

Dari hasil penelitian diketahui bahwa beton aspal dengan penambahan minyak pelumas bekas masih memiliki nilai stabilitas dua kali lipat dari yang disyaratkan, nilai terendahnya 1116,678 kg dan nilai Marshallnya berada di dalam nilai yang disyaratkan Bina Marga 1987, yaitu 278,146 kg/mm – 346,879 kg/mm. Hal ini menunjukkan bahwa fleksibilitasnya lebih baik daripada beton aspal tanpa minyak pelumas bekas. Akibatnya bila terendam air laut maupun air hujan, perkerasan tersebut tidak mudah retak atau cepat getas, sehingga dapat memperpanjang umur perkerasannya.

Kata kunci : beton aspal, karakteristik Marshall, minyak pelumas bekas, air hujan, air laut.

### **1. PENDAHULUAN**

Pengembangan sarana dan prasarana transportasi, khususnya di Indonesia merupakan salah satu kinerja pemerintah untuk memenuhi permintaan masyarakat dalam meningkatkan salah satu pelayanan komunikasi. Prasarana yang sangat penting dan tidak dapat dipisahkan dari kehidupan manusia sehari-hari adalah jalan. Sebagai sarana penghubung dan memperlancar arus perpindahan orang dan barang, maka pembangunan suatu jalan perlu perencanaan dan pelaksanaan yang benar-benar memenuhi syarat baik kualitas maupun kuantitas.

Iklm yang tidak menentu, khususnya musim hujan yang terkadang turun tiada henti sampai melampaui musim kemarau disertai curah hujan yang cukup tinggi dapat menimbulkan meluapnya air sungai maupun air laut. Luapan air laut ataupun air hujan ini tentunya akan menggenangi jalan-jalan yang berakibat dapat mempercepat terjadinya kerusakan jalan.

Selain perencanaan dan pelaksanaan yang baik, untuk meningkatkan kualitas jalan dapat dilakukan dengan mengganti bahan dasarnya dengan bahan sejenis, mengganti sebagian bahan dasarnya dengan bahan lain atau dengan memberikan bahan tambah/*additive* yang dapat memberikan pengaruh positif terhadap kualitas jalan.

Limbah oli yang termasuk minyak pelumas bekas, kian hari jumlahnya terus bertambah seiring dengan peningkatan jumlah penggunaan kendaraan bermotor. Selama ini minyak pelumas bekas belum begitu banyak dimanfaatkan, akibatnya bila tidak diolah dengan baik dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan.

Untuk menghemat pemakaian bahan dasar penyusun perkerasan lentur jalan raya yang persediaannya terbatas khususnya aspal, perlu dicarikan bahan pengganti namun tetap dapat menjamin kualitas perkerasan tersebut. Minyak pelumas (oli) bekas yang merupakan limbah dan selama ini kurang dimanfaatkan secara optimal diharapkan dapat digunakan sebagai pengganti sebagian kebutuhan aspal dalam campuran beton aspal dan sekaligus dapat memberikan daya tahan yang baik bila terendam air laut maupun air hujan.

## **2. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

Menurut Sukirman (2003), lapis aspal beton digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas berat. Laston juga dikenal dengan nama AC (*Asphalt Concrete*). Ada tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh aspal beton, yaitu : stabilitas, keawetan, kelenturan, ketahanan terhadap kelelahan, kekesatan atau ketahanan geser, kedap air, dan mudah dilaksanakan.

Ukuran agregat untuk perkerasan jalan dalam Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) untuk Jalan Raya SKBI-2.4.26.1987, dikelompokkan menjadi tiga macam, yaitu:

- a. Agregat kasar, yaitu agregat yang tertahan pada saringan No.8 (2,38 mm),
- b. Agregat halus, yaitu agregat yang lolos saringan No.8 (2,38 mm),
- c. Bahan pengisi/*filler*, yaitu bahan berbutir halus yang lolos saringan No.30, dimana persentase berat butir yang lolos ayakan No.200 minimum 65%.

Aspal adalah material perekat (*cementitious*), berwarna hitam atau coklat tua, dengan unsur utama bitumen. Aspal dapat diperoleh dari alam ataupun merupakan residu dari pengilangan minyak bumi. Aspal adalah material yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat dan bersifat termoplastis. Jadi aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu dan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan (Sukirman 2003).

Prasetyo (2007) menyatakan bahwa berdasarkan uji hipotesis terhadap tes marshall, penggunaan *modifier* oli bekas memberikan pengaruh terhadap campuran perkerasan lasbutag dengan sistem *hotmix*, sedangkan penggunaan *modifier* terbaik adalah campuran dengan modifier 3,6% dimana komposisi modifiernya 65% aspal minyak dan 35% oli bekas.

Menurut Sholihah (2010), penggunaan campuran residu oli memberikan pengaruh terhadap karakteristik Marshall pada campuran HRS-WC. Hasil tes dengan kadar campuran 5% dan 10% diperoleh nilai stabilitas dan QM berada di atas syarat minimum yang telah ditetapkan.

## **3. METODOLOGI PENELITIAN**

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi :

- a. Tiap benda uji dibuat duplo.
- b. Melakukan pemeriksaan terhadap bahan-bahan susun, yaitu agregat dan aspal, serta menghilangkan kadar air pada minyak pelumas bekas.
- c. Tahap pertama pembuatan benda uji untuk mendapatkan kadar aspal optimum campuran beton aspal tanpa minyak pelumas bekas dan dengan minyak pelumas bekas. Kadar aspal yang digunakan 5 variasi dan 7 variasi kadar minyak pelumas bekas, sehingga jumlah benda uji ada 70 buah.
- d. Tahap ke dua memilih 3 campuran dengan minyak pelumas bekas yang memiliki nilai aspal optimum hampir sama dengan persentase minyak pelumas bekas terbanyak.
- e. Tahap ke tiga membuat benda uji dengan 4 variasi kadar minyak pelumas bekas dan 4 variasi lama perendaman untuk 2 variasi bahan perendam (air hujan dan air laut). Jumlah total benda uji pada pengujian ini  $(4 \times 4 \times 2) \times 2 = 64$  buah.
- f. Tahap ke empat mencari kadar aspal optimum yang sama dari hasil pegujian tahap ke tiga kemudian dibuat lagi benda uji dengan variasi perendaman yang sama, kira-kira  $(4 \times 2) \times 2 = 16$  buah.
- g. Pengujian Marshall terhadap benda uji untuk mendapatkan Marshall properties yang terdiri dari : nilai *density*, stabilitas, *flow*, *Void In The Mix* (VITM), *Void Filled With Asphalt* (VFWA), dan *Marshall Quotient* (QM).

#### 4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

##### Hasil Penelitian

Dari penelitian yang dilakukan, dihasilkan data yang terdiri dari hasil pemeriksaan aspal, pemeriksaan agregat, dan pemeriksaan *Marshall* campuran Lapis Aspal Beton (Laston), sesuai dengan persyaratan yang tercantum dalam Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton Untuk Jalan Raya, SKBI-2.4.26.1987.

Tabel 4.3. Persyaratan dan Hasil Pemeriksaan Aspal

No	Jenis Pengujian	Hasil	Syarat	Satuan
1.	Penetrasi aspal 25°C	73,4	Min 60, Maks 79	0,1 mm
2.	Titik lembek	49	Min 48, Maks 58	°C
3.	Titik nyala dan titik bakar	305 & 308	Min 200	°C
4.	Kehilangan berat 163°C	0,2176	Maks 0,8	% berat
5.	Kelarutan dalam CCl <sub>4</sub>	99,5129	Min 99	% berat
6.	Daktilitas 25°C, 5 cm/menit	100	Min 100	cm
7.	Berat jenis aspal 25°C	1.053	Min 1	-

Tabel 4.1. Hasil Pemeriksaan dan Syarat Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Hasil	Satuan	Syarat
1.	Abrasi dengan mesin Los Angeles	36,2	%	Maks 40
2.	Penyerapan terhadap air	2,1	%	<3
3.	Berat jenis <i>bulk</i>	2.571	-	Min 2,5
4.	Kelekatan terhadap aspal	95	%	Min 95

Tabel 4.2. Persyaratan dan Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Hasil	Satuan	Syarat
1.	Penyerapan terhadap air	0,20	%	<3
2.	Nilai <i>Sand Equivalent</i>	79,6	%	Min 50
3.	Berat jenis <i>bulk</i>	2,673	-	Min 2,5

Tabel 4.4. Hasil Pemeriksaan Awal

Karakteristik Marshall	Kadar Aspal + MPB	Kadar MPB Terhadap Aspal						
		0%	2.5%	5%	7.5%	10%	12.5%	15%
Density (gr/cc)	5%	2.338	2.328	2.335	2.331	2.332	2.310	2.298
	5.5%	2.347	2.337	2.345	2.311	2.318	2.288	2.278
	6%	2.334	2.323	2.315	2.293	2.306	2.284	2.277
	6.5%	2.330	2.335	2.313	2.294	2.284	2.276	2.273
	7%	2.355	2.349	2.327	2.296	2.285	2.284	2.293
VITM (%)	5%	4.911	4.874	4.442	4.513	4.826	6.373	6.701
	5.5%	4.271	4.671	4.339	5.723	4.792	6.669	6.943
	6%	4.219	4.653	5.004	5.878	5.347	4.841	6.394
	6.5%	3.781	3.573	4.492	5.280	3.847	6.011	6.007
VFWA (%)	7%	2.163	2.408	3.329	4.612	3.786	5.107	4.594
	5%	69.912	67.714	66.528	65.820	65.892	62.172	60.848
	5.5%	73.126	71.241	72.847	66.676	67.870	63.111	61.965
	6%	74.867	72.855	71.330	67.873	69.865	66.538	65.699
Stabilitas (kg)	6.5%	78.172	79.170	75.023	71.579	70.565	69.049	68.809
	7%	87.248	85.839	81.722	75.652	74.006	73.822	75.776
	5%	970.818	1006.433	991.199	942.369	811.052	651.543	603.810
	5.5%	1137.348	1158.849	1021.474	988.222	922.863	721.206	797.144
	6%	1235.664	1213.184	1180.242	1089.944	948.706	819.858	747.049
	6.5%	1195.885	1093.657	1115.782	1066.048	923.218	788.619	688.307

	7%	1042.766	1140.099	1024.620	963.109	880.067	746.366	725.647
<i>Flow</i> (mm)	5%	2.900	3.025	3.225	3.600	3.890	3.910	4.300
	5.5%	2.475	2.530	3.055	3.515	3.740	4.170	4.270
	6%	2.590	2.860	2.905	3.455	3.850	3.995	4.150
	6.5%	3.075	2.955	3.175	3.765	4.050	4.170	4.230
	7%	3.285	3.310	2.885	4.040	4.110	4.185	4.400
QM (kg/mm)	5%	334.765	332.705	307.349	261.769	208.497	166.635	140.421
	5.5%	459.534	458.043	334.361	281.144	246.755	172.951	186.685
	6%	477.090	424.190	406.279	315.469	246.417	205.221	180.012
	6.5%	388.906	370.104	351.427	283.147	227.955	189.117	162.720
	7%	317.433	344.441	355.154	238.393	214.128	178.343	164.920

■ = memenuhi persyaratan SKBI-2.4.26.1987

Berdasarkan hasil penelitian di atas kadar aspal + minyak pelumas bekas (MPB) sebagai pengganti aspal yang dapat digunakan adalah 5% dan 5,25% dengan variasi kadar minyak pelumas bekas (MPB) terhadap aspal 5%, 7,5% dan 10%. Selanjutnya diteliti bagaimana sifat penggunaan minyak pelumas bekas (MPB) sebagai pengganti aspal dengan komposisi kadar aspal+MPB sebesar 5% pada beton aspal bila direndam air laut dan air hujan selama 12 jam, 24 jam, 48 jam, dan 72 jam. Dengan cara yang sama seperti di atas, diperoleh nilai MPB optimum untuk perendaman air laut selama 12 jam sebesar 7,5%, 24 jam adalah 6,25 %, 48 jam dan 72 jam sebesar 5% dan nilai MPB optimum untuk perendaman air hujan selama 12 jam, 24 jam, dan 36 jam sebesar 6,25 %, sedangkan perendaman 48 jam sebesar 5%. Langkah terakhir dibuat benda uji dengan penambahan MPB 6,25% untuk perendaman air hujan maupun air laut dan hasilnya dibandingkan dengan komposisi penambahan MPB pada aspal sebanyak 0%, 5%, 7,5% dan 10%. Hasil penelitiannya disajikan pada tabel berikut.

Tabel 4. 5. Hasil Pengujian pada Beton Aspal yang Direndam Air Laut

Karakteristik Marshall	Kadar Aspal + MPB	Kadar MPB	Lama Perendaman			
			12 Jam	24 Jam	48 Jam	72 jam
<i>Density</i> (gr/cc)	5 %	0%	2.3720	2.3600	2.3553	2.3483
		5%	2.3694	2.3500	2.3486	2.3432
		6.25%	2.3648	2.3522	2.3408	2.3374
		7.5%	2.3582	2.3488	2.3358	2.3214
		10%	2.3604	2.3450	2.3384	2.3324
VITM (%)	5 %	0%	3.713	4.201	4.393	4.674
		5%	3.819	4.403	4.662	4.925
		6.25%	4.006	4.519	4.980	5.117
		7.5%	4.273	4.656	5.182	5.293
		10%	4.334	4.958	5.228	5.471
VFWA (%)	5 %	0%	74.292	71.857	70.904	69.447
		5%	73.733	70.758	69.503	68.269
		6.25%	72.759	70.239	68.100	67.442
		7.5%	71.407	69.533	67.102	66.852
		10%	68.012	68.144	66.990	65.871
Stabilitas (kg)	5 %	0%	1238.819	1226.516	1216.264	1203.961
		5%	1220.365	1202.092	1179.355	1158.851
		6.25%	1209.916	1195.759	1174.640	1144.268
		7.5%	1199.860	1183.483	1167.053	1136.579
		10%	1154.750	1144.498	1134.245	1119.892
<i>Flow</i> (mm)	5 %	0%	3.725	3.800	3.840	3.875
		5%	3.820	3.890	3.900	3.940
		6.25%	3.840	3.895	3.950	3.985
		7.5%	3.855	3.935	3.980	4.020
		10%	3.920	4.030	4.060	4.110

QM (kg/mm)	5 %	0%	332.731	322.748	316.735	310.712
		5%	313.026	309.021	297.889	289.150
		6.25%	314.994	306.997	297.380	287.135
		7.5%	311.283	300.704	293.280	282.734
		10%	294.578	284.276	279.640	272.485

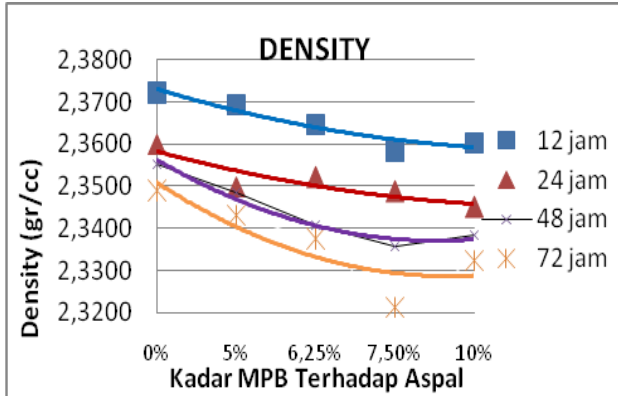
■ = memenuhi persyaratan SKBI-2.4.26.1987

Tabel 4. 6. Hasil Pengujian pada Beton Aspal yang Direndam Air Hujan

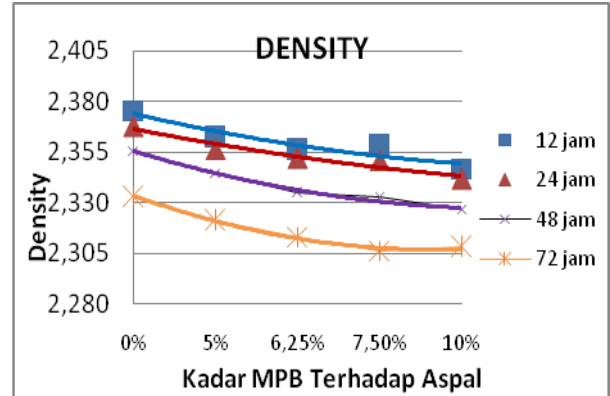
Karakteristik Marshall	Kadar Aspal + MPB	Kadar MPB	Lama Perendaman			
			12 Jam	24 Jam	48 Jam	72 jam
<i>Density</i> (gr/cc)	5 %	0%	2.375	2.368	2.355	2.333
		5%	2.362	2.356	2.345	2.321
		6.25%	2.356	2.352	2.335	2.313
		7.5%	2.358	2.351	2.333	2.306
		10%	2.347	2.341	2.327	2.308
VITM (%)	5 %	0%	3.730	4.044	4.539	5.457
		5%	4.267	4.506	4.975	5.933
		6.25%	4.519	4.679	5.384	6.253
		7.5%	4.430	4.752	5.455	6.538
		10%	5.501	5.103	5.698	6.471
VFWA (%)	5 %	0%	74.226	72.603	70.120	65.909
		5%	71.458	70.315	68.064	65.631
		6.25%	70.218	69.493	66.228	62.637
		7.5%	70.654	69.235	65.927	61.492
		10%	68.423	67.478	64.898	61.724
Stabilitas (kg)	5 %	0%	1253.172	1247.021	1214.213	1201.937
		5%	1227.584	1212.163	1191.658	1173.679
		6.25%	1200.731	1208.062	1179.355	1134.555
		7.5%	1201.910	1206.011	1167.592	1140.514
		10%	1191.557	1171.154	1148.561	1116.678
<i>Flow</i> (mm)	5 %	0%	3.565	3.595	3.690	3.765
		5%	3.640	3.650	3.775	3.830
		6.25%	3.665	3.675	3.785	3.865
		7.5%	3.645	3.710	3.865	3.960
		10%	3.645	3.725	3.920	4.015
QM (kg/mm)	5 %	0%	343.361	346.879	329.098	310.474
		5%	336.891	332.090	315.675	298.838
		6.25%	327.269	328.846	311.548	294.070
		7.5%	330.130	325.036	302.201	288.064
		10%	326.805	314.520	292.468	278.146

■ = memenuhi persyaratan SKBI-2.4.26.1987

**Pembahasan**

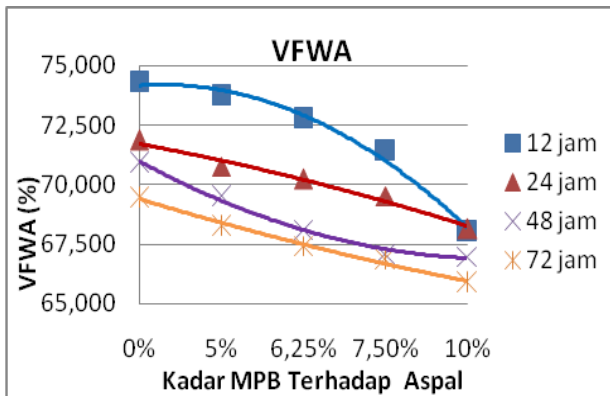


Gambar 4.1. Grafik Hubungan Kadar MPB dengan *Density* untuk Perendaman dengan Air Laut

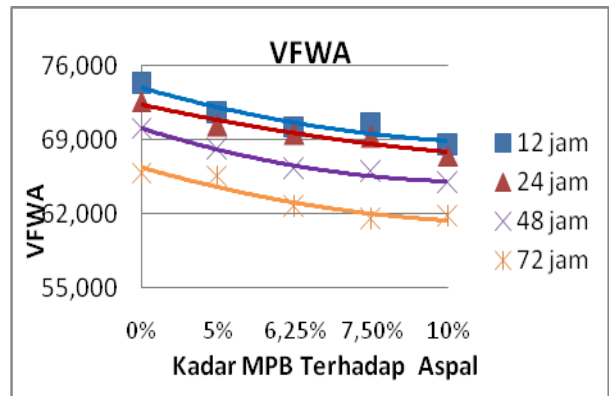


Gambar 4.2. Grafik Hubungan Kadar MPB dengan *Density* untuk perendaman dengan Air Hujan

Tingkat kepadatan beton aspal yang menggunakan minyak pelumas bekas baik yang direndam air laut maupun air hujan cenderung turun. Namun demikian nilai *density*/kepadatan beton aspal dengan MPB yang terendam air laut pada umumnya lebih besar dari yang terendam air hujan. Hal ini membuktikan beton aspal+MPB lebih tahan terendam air laut daripada air hujan.

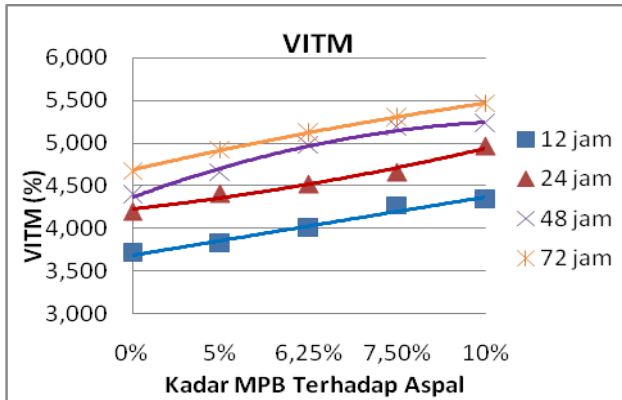


Gambar 4.3. Grafik Hubungan Kadar MPB dengan VFWA untuk Perendaman dengan Air Laut

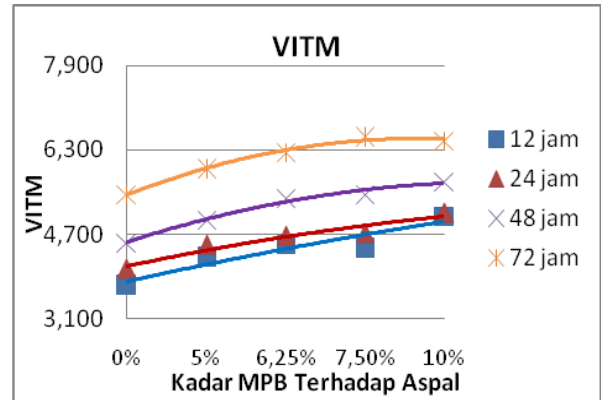


Gambar 4.4. Grafik Hubungan Kadar MPB dengan VFWA untuk Perendaman dengan Air Hujan

Beton aspal dengan MPB yang terendam air laut nilai VFWA nya jauh lebih baik daripada yang terendam air hujan. Hal ini nampak dari 4 variasi perendaman semua memenuhi syarat. Beton aspal dengan MPB yang terendam air hujan untuk penambahan MPB 6,25% dan 7,5% hanya memenuhi syarat bila terendam sampai 48 jam dan untuk penambahan MPB 10% hanya memenuhi syarat ketentuan dari Bina Marga bila terendam selama 24 jam.

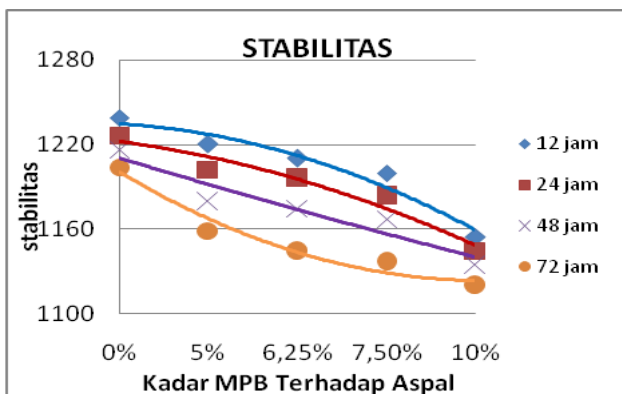


Gambar 4.5. Grafik Hubungan Kadar MPB dengan VITM untuk Perendaman dengan Air Laut

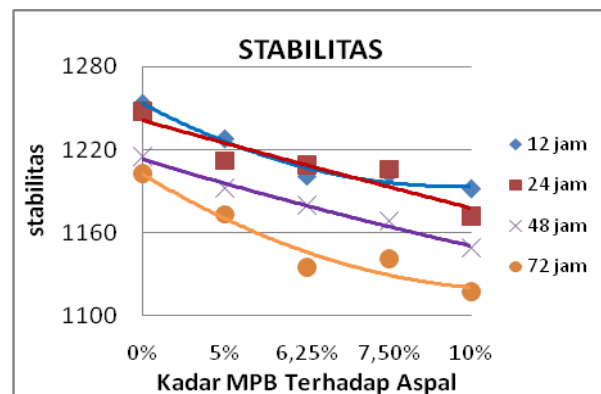


Gambar 4.6. Grafik Hubungan Kadar MPB dengan VITM untuk Perendaman dengan Air Hujan

Semakin lama terendam air hujan, semakin meningkat nilai VITM beton aspal dengan MPB. Hal ini juga tidak lepas dari kepadatan perkerasan, akibatnya untuk beton aspal dengan 5% MPB dan tanpa MPB hanya tahan terendam air hujan selama 48 jam, sedangkan untuk beton aspal dengan MPB 6,25% dan 7,5% hanya memenuhi syarat Bina Marga bila terendam ampai 24 jam. Nilai VITM beton aspal dengan MPB 5% dan tanpa MPB yang terendam air laut masih memenuhi syarat meski telah terendam selama 72 jam, sedangkan untuk penambahan MPB 6,25% hanya tahan terendam sampai dengan 48 jam, serta 24 jam untuk penambahan MPB 7,5% dan 10%.

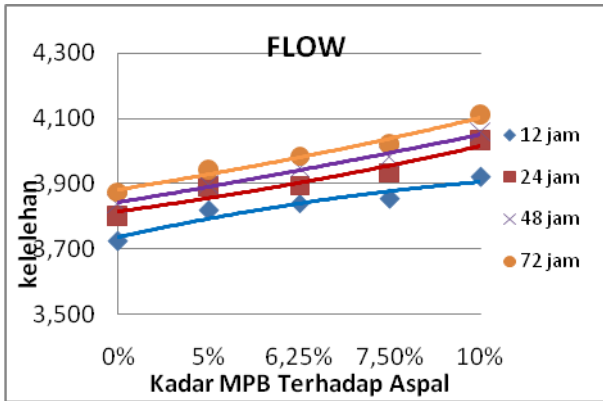


Gambar 4.7. Grafik Hubungan Kadar MPB dengan Stabilitas untuk Perendaman dengan Air Laut

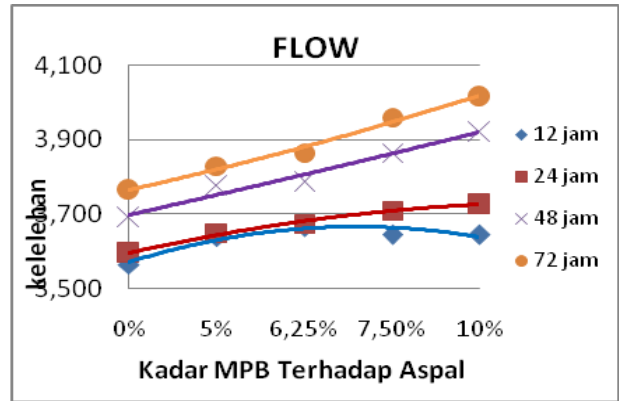


Gambar 4.8. Grafik Hubungan Kadar MPB dengan Stabilitas untuk Perendaman dengan Air Hujan

Nilai stabilitas cenderung turun seiring penambahan MPB maupun lama perendaman. Meskipun demikian dari hasil pengujian diperoleh semua nilai stabilitas memenuhi syarat Bina Marga, baik yang terendam air laut maupun yang terendam air hujan dan nilainya masih jauh lebih besar dari yang disyaratkan yaitu minimal 500 kg. Apabila dibandingkan dengan beton aspal tanpa MPB, nilai stabilitas beton aspal+MPB baik yang terendam air laut maupun air hujan memang cenderung turun, akan tetapi nilainya masih dua kali lipat yang disyaratkan.

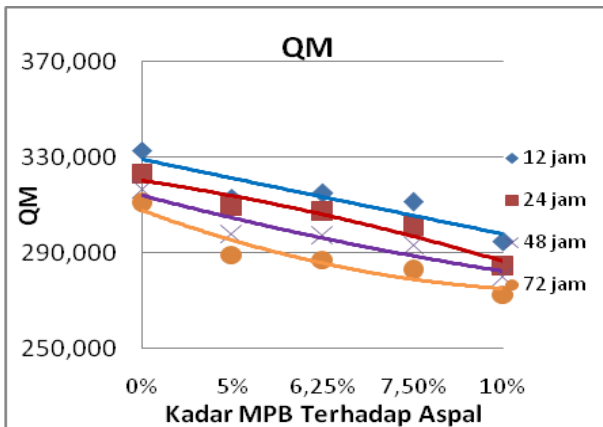


Gambar 4.9. Grafik Hubungan Kadar MPB dengan Flow untuk Perendaman dengan Air Laut

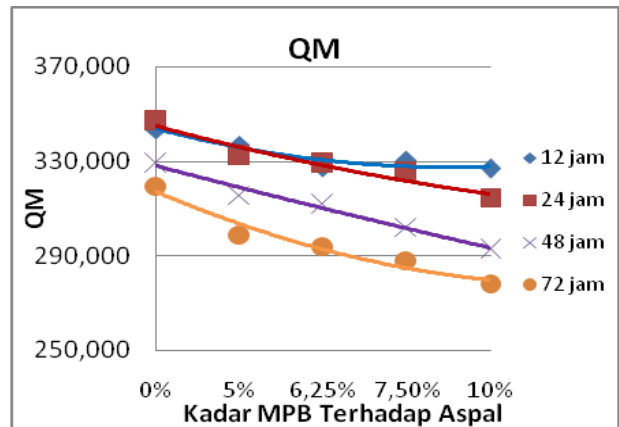


Gambar 4.10. Grafik Hubungan Kadar MPB dengan Flow untuk Perendaman dengan Air Hujan

Beton aspal dengan dan tanpa MPB yang terendam air hujan maupun air laut nilai *flow*nya semakin meningkat seiring meningkatnya lama perendaman. Hal ini menunjukkan bahwa air laut dan air hujan dapat menurunkan viskositas campuran. Hampir semua nilai *flow* memenuhi syarat Bina Marga kecuali Beton aspal dengan penambahan MPB 10% hanya tahan terendam sampai 48 jam. Pada perendaman dengan air laut, karena air laut pada berbagai senyawanya lebih banyak mengandung Chlor, maka nilai *flow*nya menjadi lebih tinggi dari nilai *flow* yang terendam air hujan. Nilai *flow* yang tidak memenuhi syarat Bina Marga hanya pada penambahan MPB 7,5% untuk perendaman selama 72 jam dan 10% untuk perendaman lebih dari 12 jam.



Gambar 4.11. Grafik Hubungan Kadar MPB dengan QM untuk Perendaman dengan Air Laut



Gambar 4.12. Grafik Hubungan Kadar MPB dengan QM untuk Perendaman dengan Air Hujan

Adanya keseimbangan antara nilai stabilitas dan nilai *flow* pada beton aspal dengan MPB menyebabkan nilai *marshall quotient* untuk 4 variasi perendaman air laut maupun air hujan semua memenuhi syarat Bina Marga. Penambahan MPB pada beton aspal mengakibatkan turunnya tingkat kekakuan perkerasan, sehingga fleksibilitas perkerasan menjadi lebih baik. Nilai *marshall quotient* untuk beton aspal dengan MPB yang terendam air laut lebih kecil daripada nilai *marshall quotient* untuk beton aspal dengan MPB yang terendam air hujan. Hal ini menunjukkan bahwa air laut dapat meningkatkan kelenturan perkerasan.

## 5. KESIMPULAN

Beton aspal dengan penambahan minyak pelumas bekas dan peningkatan waktu perendaman menghasilkan nilai *density*, VFWA, stabilitas, dan nilai Marshall cenderung turun, sedangkan VITM dan *flow* cenderung meningkat. Meskipun demikian nilai stabilitas dan nilai Marshall beton aspal dengan penambahan MPB 5%, 6,25%, 7,5%, dan 10% dan perendaman 12 jam, 24 jam, 48 jam, dan 72 jam baik dengan air laut maupun air hujan semuanya memenuhi syarat Bina Marga 1987. Nilai *density*, VFWA, dan *flow* pada beton aspal dengan MPB yang terendam



air laut nilainya lebih besar daripada yang terendam air hujan. Nilai stabilitas beton aspal dengan MPB 10% meskipun terendam air laut/hujan selama 72 jam masih dua kali lipat dari yang disyaratkan. Demikian pula dengan nilai Marshallnya, semakin banyak penambahan MPB pada beton aspal semakin baik kelenturan perkerasan yang dihasilkan meskipun terendam air hujan/air laut. Hal ini menunjukkan bahwa beton aspal dengan MPB masih memiliki kemampuan yang besar dalam menerima beban lalu lintas, meskipun terendam air hujan maupun air laut.

## **6. UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Y.Anang Wahyu W., R.M. Dimas Raditya H.P., dan Adityo Wahyu W.S., yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Anonim (2001), Petunjuk Praktikum Rekayasa Jalan Raya, Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum (1987), Petunjuk Pelaksanaan Lapis Keras Aspal Beton (Laston) untuk Jalan Raya SKBI-2.4.26.1987, Yayasan Badan Penerbit PU, Jakarta.
- Prasetyo, Kukuh Budi (2007), Pengaruh Penggunaan Modifier Oli Bekas Pada Campuran Perkerasan Lasbutag Dengan Sistem Hotmix, Tesis Pasca Sarjana Universitas Muhammadiyah Malang.
- Sholihah, B.A. (2010), Pengaruh Nilai Penetrasi Kombinasi Aspal Penetrasi 60/70 Dengan Residu Oli Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC), Tugas Akhir Strata Satu, Universitas Sebelas Maret
- Sukirman; Silvia, (2003), *Beton Aspal Campuran Panas*, Nova, Bandung