

# PENGARUH RENDAMAN AIR LAUT PASANG (ROB) TERHADAP KINERJA LATASTON (HRS-WC) BERDASARKAN UJI MARSHALL DAN UJI DURABILITAS MODIFIKASI<sup>1</sup>

Agung Hari Prabowo<sup>2</sup>

## ABSTRACT

*Most of roads in Indonesia, particularly that located on the seashore areas, such as Semarang, are usually flooded by highly acid seawater tide ('rob'). In recent years, the area of Semarang, which are flooded by 'rob' is widen. Some of the flexible pavement roads, which are flooded by the 'rob', were damaged. Regarding to these phenomena, it is essential to conduct a study on the effects of seawater tide ('rob') to the performance of hot asphalt mixture – the latest specification of lataston HRS-WC (2001).*

*Analysis of the sample material, the amount of both aggregate and asphalt, as well as the gradation of HRS-WC mixture meet the requirement of latest specification. Marshall method was applied at the first step to find the Optimum Asphalt Content (OAC). The second step was aimed to find the value of Marshall at standard condition (2 x 75 blows), and the value of refusal density (2 x 400 blows) which was aimed to discover VIM, VMA, VFA, density, stability, flow, MQ, and the IRS of standard immersion. The modification of immersion was applied to find the first value of durability index (r,R) and the value of second durability index (S<sub>a</sub>, S<sub>A</sub>). Four samples of water, those were water taken from laboratory, 'rob' water from LIK Semarang, from Ronggowarsito street, and from Mpu Tantular street, were used in the immersion test. The samples of water were checked their colour, smell, pH, level of chloride, level of sulphate, total value of alkalinity and the total value of acidity.*

*The first step found that the OAC value varied from 7% to 7.5% and the OAC 7.25% was selected as the sample material. The second term research showed that there was a correlation between Marshall value and the immersion time, the result of void analysis met the requirement at standard density level (2x75 blows). At refusal density level (2x400 blows), the VIM values of the four samples of rob water did not meet the requirement at 24 hour of immersion. The value of stability test, flow and MQ, at standard condition and at refusal condition for all immersion time and total acid meet the required standard. IRS value at standard and refusal condition for immersion time and total acid value meet the required standard at 72 hours of immersion. Meanwhile, at the immersion time of 120 hours and 168 hours, the IRS value did not meet the required value, as the asphalt capability to maintain cohesion and adhesion between aggregate was weakened.*

*Modification of immersion test discovered Durability I Index, where immersion time caused the increasing of index score (r and R) at both standard condition and refusal density condition. This indicates that the HRS-WC losses its power. Modification of immersion also discovered Durability II index, where immersion time leads index score of residual stability (S<sub>a</sub>) to decrease at both standard and refusal density condition. This result indicates that the duration level of the HRS-WC is getting low. This also shows that the longer time HRS-WC immersed in rob water and the higher the acid level of the rob water resulted in decreasing density level of the mixture and decreasing the capability of asphalt in maintaining cohesion and adhesion of aggregate.*

---

<sup>1</sup> PILAR Volume 12, Nomor 2, September 2003 : halaman 89 - 98

<sup>2</sup> Alumnus S2 – MTS UNDIP

*Void analysis shows that optimum asphalt content 7.25% (Median of 7% and 7.5%) has not resulted the best performance of HRS-WC. It is estimated that optimum asphalt content is between 7% and 7.25%.*

*HRS-WC immersed in neutral water (pH closes to 7) has better performance compared to the one immersed in acid 'rob' water or in base 'rob' water. It cannot be concluded specifically that the level of chloride affected the performance of HRS-WC because it was found that total value of acidity is responsible for the decreasing of HRS-WC performance. It was also found that the sulphate degree of 'rob' water caused decreasing of HRS-WC performance. This happened to the samples with sulphate degree of 53 mg/l as the sulphate degree more than 53 mg/l can neutralize the acid of rob water (the findings show that the higher the sulphate degree causes the lower the total value of acid). In that condition, HRS-WC performance was getting better.*

*It can be concluded that the high level of acid of seawater tide (rob) may reduce the duration of HRS-WC pavement construction. The HRS-WC pavement can only resist during 72 hours within 'rob' water.*

**Keywords :** *HRS-WC, Refusal Density, Total Value of Acidity, Durability Index.*

## PENDAHULUAN

Beberapa ruas jalan di Indonesia yang terletak di daerah yang berhubungan dengan pantai (khususnya Kota Semarang) digenangi oleh air rob, yang kandungan keasamannya tinggi. Dalam beberapa tahun terakhir rob yang melanda Kota Semarang genangannya makin lama semakin luas. Beberapa ruas jalan seperti Empu Tantular, Ronggowarsito, Lingkungan Industri Kecil (LIK) dan beberapa jalan disekitar daerah tersebut terkena genangan rob.

Banyak hal yang menyebabkan kerusakan konstruksi jalan, namun ada suatu anekdot yang menyatakan bahwa 3 (tiga) musuh utama jalan dengan perkerasan aspal adalah yang pertama air, kedua air dan ketiga juga air. Dari hal tersebut dapat dikatakan bahwa (genangan) air menyebabkan kerusakan atau mengurangi keawetan konstruksi jalan dengan perkerasan aspal.

Berdasarkan permasalahan tersebut perlu dilakukan penelitian dengan uji laboratorium tentang pengaruh genangan/ rendaman air (khususnya yang bersifat asam) terhadap kualitas campuran beraspal panas. Desain campuran yang dipakai adalah desain untuk jenis campuran Lataston Lapis Aus atau dikenal dengan istilah *Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC)* yang mengacu

pada Spesifikasi Baru Beton Aspal Campuran Panas Tahun 2001.

## MAKSUD DAN TUJUAN

Penelitian ini dilaksanakan dengan maksud untuk mengetahui / mendapatkan beberapa hal, antara lain :

- Mengetahui perilaku campuran beraspal panas yang terendam dalam air yang bersifat asam dan membandingkannya dengan campuran beraspal yang terendam dalam air standard dalam campuran beraspal (Campuran Beraspal yang dibuat sesuai Pedoman Perencanaan Beraspal Panas).
- Memberi gambaran sejauh mana pengaruh konsentrasi tingkat keasaman dan lama perendaman terhadap stabilitas dan keawetan campuran beraspal panas *HRS-WC*.

Tujuan dari penelitian ini :

Melihat korelasi antara kadar keasaman pada air rob terhadap sifat Marshall dan durabilitas dari *HRS-WC* pada beberapa variasi lama perendaman.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Pengujian untuk mengevaluasi pengaruh air terhadap Campuran Aspal Panas.

Potensi keawetan dari campuran aspal dapat didefinisikan sebagai ketahanan campuran terhadap kelanjutan dan pengaruh kerusakan kombinasi akibat air dan suhu (CRAUS, J. et al, 1981).

Rendahnya keawetan lapisan permukaan dan lapisan aspal adalah merupakan salah satu penyebab utama rusak dan gagalnya pelayanan jalan perkerasan fleksibel. Tingginya keawetan biasanya memenuhi sifat – sifat mekanik dari campuran dan akan memberikan umur pelayanan yang lebih lama. Ada beberapa metode yang digunakan dalam mengevaluasi pengaruh air terhadap campuran aspal, seperti dijelaskan dibawah ini.

#### a. Metode Pengujian Perendaman Standar

Salah satu metode yang digunakan dalam mengevaluasi pengaruh air terhadap campuran perkerasan aspal adalah pengujian Perendaman Marshall yang mana stabilitas dari benda uji ditentukan setelah satu hari perendaman di dalam air pada suhu 60 °C.

AASHTO (1993) menggambarkan sebuah prosedur yang berdasarkan kepada pengukuran kehilangan dari hasil sebuah kekuatan tekan dari aksi air pada pemadatan campuran aspal. Suatu indeks numerik dari berkurangnya kekuatan tekan diperoleh dengan membandingkan kekuatan tekan benda uji yang telah direndam di dalam air selama 24 jam pada suhu 60 ± 1 °C dan 30 menit di dalam air pada suhu 25 ± 1 °C di bawah kondisi yang ditentukan.

Spesifikasi Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah untuk mengevaluasi keawetan campuran adalah pengujian Marshall perendaman di dalam air pada suhu 60 °C selama 24 jam. Perbandingan stabilitas yang direndam dengan stabilitas standar, dinyatakan sebagai persen, dan disebut Indeks Stabilitas Sisa (IRS), dan dihitung sebagai berikut :

$$IRS = \frac{MS_i}{MS_s} \times 100 \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

- IRS = Indeks Stabilitas Sisa ( % )
- MS<sub>s</sub> = Stabilitas Marshall Standar ( kg )
- MS<sub>i</sub> = Stabilitas Marshall Perendaman ( kg )

Spesifikasi Baru Beton Aspal Campuran Panas mensyaratkan IRS harus lebih besar dari 80 %.

#### b. Metode Pengujian Perendaman Modifikasi.

Kriteria Perendaman 24 Jam ( satu hari ) tidak selalu menggambarkan sifat keawetan campuran setelah masa perendaman yang lebih lama ( CRAUS, J. et al, 1981 ). Peneliti – peneliti ini memeriksa keawetan benda uji dari material aspal yang direndam di dalam air untuk waktu yang lebih lama dan dicari suatu parameter kuantitatif tunggal yang akan memberikan ciri kepada seluruh kurva keawetan. Kriteria - kriteria berikut dinilai memenuhi “indek keawetan” yaitu :

- 1). Harus rasional dan didefinisikan secara fisik.
- 2). Harus menggambarkan kekuatan menahan dan nilainya absolut.
- 3). Harus menunjukkan potensi keawetan untuk suatu rentang yang fleksibel dari masa perendaman.
- 4). Harus dengan tepat memberikan gambaran dari perbedaan perubahan waktu perendaman dari kurva keawetan.

Dua indek telah diperoleh yang paling memenuhi kriteria di atas.

##### a). Indeks Durabilitas pertama

Indeks pertama didefinisikan sebagai jumlah kelandaian yang berurutan dari kurva keawetan.

Berdasarkan Gambar 1, indeks ( r ) dinyatakan sebagai berikut :

$$r = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} S_i - S_{i+1}}{t_{i+1} - t_i} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

- S<sub>0</sub> = nilai absolut dari kekuatan awal.

- $S_i$  = Persen kekuatan yang tersisa pada waktu  $t_i$
- $S_{i+1}$  = Persen kekuatan yang tersisa pada waktu  $t_{i+1}$
- $t_i, t_{i+1}$  = waktu perendaman (mulai dari awal pengujian)

Sebagai contoh, kalau pengukuran diambil setelah 1, 3, 5 dan 7 hari perendaman, maka indeks kekuatan menjadi :

$$r = \frac{S_0 - S_1}{1} + \frac{S_1 - S_3}{2} + \frac{S_3 - S_5}{2} + \frac{S_5 - S_7}{2} \dots\dots\dots(3)$$

**b). Indeks Durabilitas Kedua**

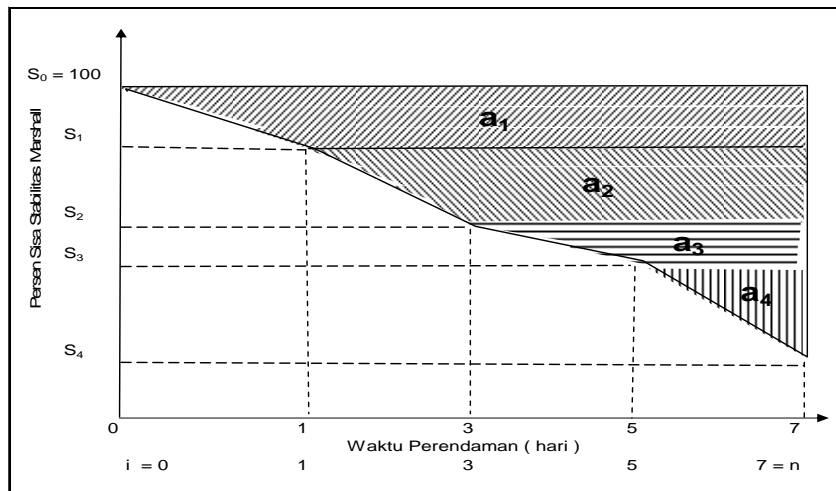
Indeks kekuatan kedua didefinisikan sebagai luas kehilangan kekuatan rata-rata antara kurva keawetan dengan garis  $S_0 = 100$  persen.

Berdasarkan Gambar 1, indeks (a) ini dinyatakan sebagai berikut :

$$a = \frac{1}{t_n} \sum_{i=1}^n a_i = \frac{1}{2t_n} \sum_{i=0}^{n-1} (S_i - S_{i+1}) [2t_n - (t_i + t_{i+1})] \dots\dots\dots(4)$$

Indeks keawetan kedua juga dinyatakan sebagai suatu kehilangan kekuatan satu hari. Nilai positif dari (a) menunjukkan kehilangan kekuatan, sedangkan nilai negatif sebagai peningkatan kekuatan. Menurut definisinya,  $a < 100$ . Karena itu, memungkinkan untuk menyatakan persentase kekuatan sisa satu hari ( $S_a$ ) sebagai berikut :

$$S_a = (100 - a) \dots\dots\dots(5)$$



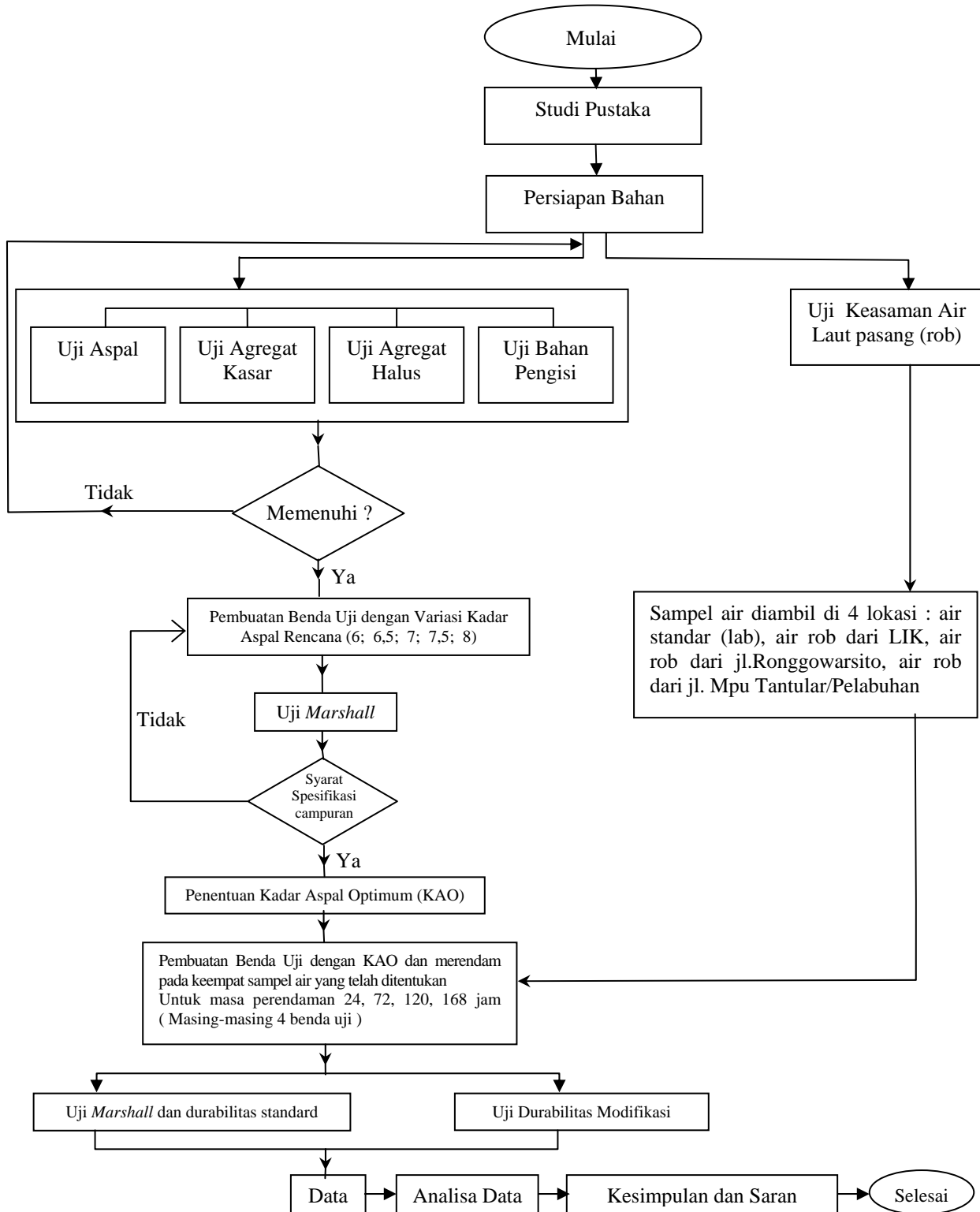
Sumber : CRAUS, J. dkk., (1981)

Gambar 1. Skema Kurva Keawetan

**METODOLOGI PENELITIAN**

Agar tujuan dan sasaran penelitian dapat dicapai sesuai yang diharapkan perlu

ditentukan alur / program kerja penelitian yang akan dilaksanakan. Alur / program kerja penelitian dapat dilihat pada Gambar berikut :



Gambar 2. Alur Program Kerja

**HASIL PENELITIAN**

Dari hasil pengujian bahan susun untuk campuran *HRS-WC* didapat hasil rekapitulasi yang memenuhi persyaratan sesuai dalam

spesifikasi pada tahap II terhadap pengaruh perendaman air laut pasang (rob) adalah sebagai berikut ini :

Tabel 1. Pengaruh Lama Perendaman menggunakan air laboratorium (Total Keasaman 7,469 mg/l) terhadap karakteristik *Marshall* dan Perendaman Modifikasi pada kondisi standard (2x75) dan *Refusal Density* (2x400)

Karakteristik <i>Marshall</i>	Spesifikasi	(2x75) tumbukan				(2x400) tumbukan				
		24 jam	72jam	120jam	168jam	24 jam	72jam	120jam	168jam	
Kepadatan ( gr/cc)	-	2,239	2,229	2,222	2,204	2,322	2,308	2,301	2,295	
<i>VMA</i> ( % )	> 18 % -	18,12	18,47	18,71	19,38	15,08	15,59	15,83	16,06	
<i>VFA</i> ( % )	> 65 % -	74,02	72,37	71,22	68,20	92,30	88,71	87,16	85,67	
<i>VIM</i> <sub>2x75</sub> ( % )	3 % - 6 %	4,71	5,11	5,40	6,17					
<i>VIM</i> <sub>2x400</sub> ( % )	> 2 %					1,16	1,76	2,04	2,31	
Stabilitas ( kg )	> 800 kg -	1505	1405	1299	1173	1737	1672	1492	1240	
<i>Flow</i> ( mm )	> 2 mm -	3,00	3,09	3,15	3,18	2,10	2,16	2,26	2,38	
<i>MQ</i> ( kg/mm )	>200 kg/mm -	508,7	458	416	371	831	778	661	524	
Karakteristik Perendaman Modifikasi	(2x75) tumbukan					(2x400) tumbukan				
	½ jam	24 jam	72jam	120jam	168jam	½ hari	24 jam	72jam	120jam	168jam
<i>IRS</i> standard ( % )	100	90,87	83,13	75,71	67,34	100	90,51	85,52	76,03	63,41
ID I (r, %)	0	0,389	0,624	0,828	1,023	0	0,404	0,606	0,807	1,025
ID I (R, kg)	0	6,128	9,848	13,053	16,128	0	7,362	11,054	14,711	18,693
ID II (Sa, %)	100	95,529	87,154	75,062	58,782	100	95,354	88,163	76,228	57,988
ID II (SA, kg)	1577	1506,5	1374,4	1183,7	927	1823	1738,3	1607,2	1389,6	1057,1

Tabel 2. Pengaruh Lama Perendaman menggunakan air rob LIK (Total Keasaman 56,357 mg/l) terhadap karakteristik *Marshall* & Perendaman Modifikasi pada kondisi standar (2 x 75) dan *Refusal Density* (2 x 400)

Karakteristik <i>Marshall</i>	Spesifikasi	(2x75) tumbukan				(2x400) tumbukan			
		24 jam	72jam	120jam	168jam	24 jam	72jam	120jam	168jam
Kepadatan ( gr/cc)	-	2,235	2,227	2,209	2,184	2,313	2,292	2,286	2,284
<i>VMA</i> ( % )	> 18 % -	18,26	18,55	19,21	20,11	15,40	16,15	16,39	16,46
<i>VFA</i> ( % )	> 65 % -	73,40	71,95	68,98	65,10	90,02	85,03	83,59	83,14
<i>VIM</i> <sub>2x75</sub> ( % )	3 % - 6 %	4,86	5,21	5,97	7,02				
<i>VIM</i> <sub>2x400</sub> ( % )	> 2 %					1,54	2,42	2,69	2,77
Stabilitas ( kg )	> 800 kg -	1120	1044	970	796	1385	1276	1210	1144
<i>Flow</i> ( mm )	> 2 mm -	3,21	3,33	3,46	3,58	2,31	2,35	2,38	2,44

<i>MQ</i> ( kg/mm )	>200 kg/mm -	349,3	316	282	224	599,9	545	512	473	
Karakteristik Perendaman Modifikasi	(2x75) tumbukan					(2x400) tumbukan				
	½ jam	24 jam	72jam	120jam	168jam	½ hari	24 jam	72jam	120jam	168jam
<i>IRS</i> standard (%)	100	86,36	79,95	72,71	56,24	100	86,78	79,77	74,98	70,20
ID I (r, %)	0	0,581	0,861	1,089	1,351	0	0,562	0,845	1,055	1,233
ID I (R, kg)	0	6,979	10,349	13,094	16,234	0	8,340	12,536	15,641	18,280
ID II (Sa, %)	100	93,320	83,365	69,778	47,963	100	93,529	83,485	71,029	56,171
ID II (SA, kg)	1202	1121,7	1002	838,7	576,5	1483	1387	1238,1	1053,4	833

Tabel 3. Pengaruh Lama Perendaman menggunakan air rob jl. Ronggo-warsito (Total Keasaman 11,543 mg/l) terhadap karakteristik *Marshall* dan Perendaman Modifikasi pada kondisi standard (2 x 75) dan *Refusal Density* (2 x 400)

Karakteristik <i>Marshall</i>	Spesifikasi	(2x75) tumbukan				(2x400) tumbukan				
		24 jam	72jam	120jam	168jam	24 jam	72jam	120jam	168jam	
Kepadatan ( gr/cc)	-	2,237	2,227	2,217	2,203	2,320	2,300	2,298	2,294	
<i>VMA</i> ( % )	> 18 % -	18,19	18,54	18,90	19,41	15,15	15,86	15,95	16,10	
<i>VFA</i> ( % )	> 65 % -	73,71	72,01	70,38	68,07	91,77	86,90	86,35	85,41	
<i>VIM</i> <sub>2x75</sub> ( % )	3 % - 6 %	4,78	5,19	5,61	6,21	1,25	2,08	2,18	2,35	
<i>VIM</i> <sub>2x400</sub> ( % )	> 2 %									
Stabilitas ( kg )	> 800 kg -	1359	1303	1143	1032	1574	1503	1319	1188	
<i>Flow</i> ( mm )	> 2 mm -	3,11	3,13	3,19	3,43	2,19	2,20	2,28	2,39	
<i>MQ</i> ( kg/mm )	>200 kg/mm -	445,6	421	361	305	721	687	581	499	
Karakteristik Perendaman Modifikasi	(2x75) tumbukan					(2x400) tumbukan				
	½ jam	24 jam	72jam	120jam	168jam	½ hari	24 jam	72jam	120jam	168jam
<i>IRS</i> standard (%)	100	86,99	82,86	72,47	64,83	100	89,01	83,48	72,91	65,23
ID I (r, %)	0	0,554	0,793	1,024	1,234	0	0,468	0,699	0,925	1,133
ID I (R, kg)	0	8,043	11,525	14,872	17,923	0	7,787	11,633	15,407	18,864
ID II (Sa, %)	100	93,632	85,123	71,415	53,883	100	94,619	86,418	72,931	55,595
ID II (SA, kg)	1453	1360,5	1236,8	1037,7	782,9	1665	1575,4	1438,9	1214,3	925,7

Tabel 4. Pengaruh Lama Perendaman menggunakan air rob jl. Mpu-Tantular (Total Keasaman 29,197 mg/l) terhadap karakteristik *Marshall* dan Perendaman Modifikasi pada kondisi standard (2 x 75) dan *Refusal Density* (2 x 400)

Karakteristik <i>Marshall</i>	Spesifikasi	(2x75) tumbukan				(2x400) tumbukan				
		24 jam	72jam	120jam	168jam	24 jam	72jam	120jam	168jam	
Kepadatan ( gr/cc)	-	2,236	2,227	2,210	2,199	2,318	2,294	2,290	2,288	
VMA ( % )	> 18 %	18,23	18,56	19,18	19,56	15,24	16,09	16,25	16,33	
VFA ( % )	> 65 %	73,51	71,92	69,06	67,39	91,14	85,44	84,44	83,96	
VIM <sub>2x75</sub> ( % )	3 % - 6 %	4,83	5,21	5,94	6,38					
VIM <sub>2x400</sub> ( % )	> 2 %					1,35	2,34	2,53	2,66	
Stabilitas ( kg )	> 800 kg	1222	1165	1111	994	1534	1474	1213	1175	
Flow ( mm )	> 2 mm	3,16	3,19	3,23	3,45	2,20	2,26	2,38	2,41	
MQ ( kg/mm )	>200 kg/mm	384,2	366	345	290	699	653	513	489	
Karakteristik Perendaman Modifikasi	(2x75) tumbukan					(2x400) tumbukan				
	½ jam	24 jam	72jam	120jam	168jam	½ hari	24 jam	72jam	120jam	168jam
IRS standard (%)	100	88,05	83,86	78,74	68,74	100	86,50	83,04	67,90	65,71
ID I (r, %)	0	0,508	0,734	0,912	1,099	0	0,574	0,811	1,080	1,285
ID I (R, kg)	0	6,553	9,462	11,755	14,161	0	9,447	13,349	17,767	21,134
ID II (Sa, %)	100	94,151	86,139	75,554	59,969	100	93,393	84,972	68,990	51,898
ID II (SA, kg)	1289	1213,6	1110,3	973,9	773	1645	1536,3	1397,8	1134,9	853,7

## KESIMPULAN

- Berdasarkan uji Marshall, Kadar Aspal Optimum (KAO) berada pada rentang 7 % - 7,5 %. Pada penelitian ini dipakai KAO 7,25 %, hasilnya VIM terlalu kecil dan VFA terlalu besar. Ini menunjukkan KAO berada pada rentang 7 % - 7,25 %.
- Semakin tinggi tingkat keasaman air yang merendam, semakin merusak *HRS-WC*.
- Semakin lama terendam *HRS-WC* semakin cepat rusak.
- Nilai pH mendekati netral (pH=7), kinerja *HRS-WC* semakin baik.
- Kadar chlorida optimum yang tertinggi adalah 36,31 mg/l (Total Keasaman paling rendah = 7,46 mg.lt)
- Kadar sulfat optimum yang menghasilkan kinerja *HRS-WC* tertinggi adalah 53 mg/l (Total Keasaman paling rendah = 7,46 mg.lt).

## SARAN

- Konstruksi *HRS-WC* jangan terendam lebih dari 3 hari (72 jam)
- Permasalahan Rob diatasi secara komprehensif & berkelanjutan
- Penelitian uji permeabilitas, campuran bergradasi rapat dgn aspal polimer yang punya daya lengket lebih tinggi
- Dicari formula/ rekayasa campuran aspal panas yang lebih tahan terhadap unsur kimia (chlorida, sulfat, merkuri, arsen dll)
- Standar spesifikasi khusus perkerasan lentur di daerah genangan rob

## DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO, (1993), *Guide For Design of Pavement Structure*, Washington DC.
- AUSTROADS, (1997), *Pavement Design*, Sydney 1992.



- Bagus Priyatno, (2001), Metode Perencanaan Campuran Beraspal Panas Dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak (PRD) Berdasarkan Spesifikasi Yang Disempurnakan, Dalam Penataran dan Pelatihan Dosen Teknik Sipil Perguruan Tinggi Swasta Kopertis Wilayah VI, Oktober 2001.
- Cakra Nagara dan Bambang IS, (2003), Pengaruh Penguapan Pengembunan Berulang terhadap Durabilitas Beton Aspal yang menggunakan Metode Pencampuran Hot Mix dan Cold Mix, Konferensi Nasional Teknik Jalan ke-7 Himpunan Pengembangan Jalan Indonesia, Jakarta.
- Craus, J. Et al, (1981), *Durability of Bituminous Paving Mixtures as Related to Filler Type and Properties*, *Proceedings Association of Asphalt Paving Technologists Technical Sessions*, San Diego, California, February 16, 17 and 18, 1981, Volume 50.
- Departemen Pekerjaan Umum, (1987), Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen, SKBI-2.326.UDC.625.73(02), Biro Penerbit PU.
- Departemen Permukiman dan Pengembangan Wilayah, (1999), Pedoman Perencanaan Campuran Aspal Panas dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, (2001), Spesifikasi Baru Beton Aspal Campuran Panas.
- Harold N. Atkins, (1996), *Highway Materials, Soils and Concretes*, 3<sup>th</sup> Edition Prentice Hall, New Jersey.
- Hartom, (1985), The Influence of Fine Aggregate Type on the Resistance to Permanent Deformation of Hot Rolled Asphalt, Magister Thesis, Institute of Technology Bandung.
- Henry Kesauli, (1997), *Pengaruh Efek Pemanasan ulang pada Durabilitas Campuran Beton Aspal*, Tugas Akhir, Program Studi Transportasi UGM, Yogyakarta.
- Hunter RN, (1984), *Bituminous Mixtures in Road Construction*, Thomas Telford, London.
- Ishai, I, (1977), Effect of the Filler on Aggregate Bitumen Adhesion Properties in Bituminous Mixture, *Proceeding of the Association of Asphalt Paving Technologists*, Asphalt Paving Technology.
- K. A. Zamhari, (1999), *Kelompok Bidang Keahlian Bahan Perkerasan Jalan, Campuran Aspal Beton*.
- Kennedy, T. W, (1996), *The Bottom Line: Superpave System Works*, The Superpave Asphalt research Program, The University of Texas at Austin.
- Kerbs, R.D and Walker, R.D, (1971), *Highway Materials*, McGraw-Hill, New York.
- Robert D. Krebs dan Richard D. Walker, (1971), *Highway Materials*, McGraw Hill Inc.
- Sam Sudjarwo Mihardjo, (2002), Pengaruh Temperatur Pemadatan Terhadap Deformasi Plastis dan Durabilitas Campuran Beton Aspal.
- Shell Bitumen, (1991), *The Shell Bitumen Hand Book*.
- Silvia S, (1999), *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Nova Bandung.
- Siswosoebrotho, Syafruddin, Budiman, (2002), Karakteristik Pasir dan Bahan Pengisi dari laut serta pengaruhnya terhadap Durabilitas Campuran Beraspal Jenis Hot Rolled Sheet, Magister Sistem dan Teknik Jalan Raya ITB, Bandung.
- Sukmana Fauzi, (2001), Pengaruh Perendaman Terhadap sifat Marshall dan Durabilitas Campuran Beton Aspal yang menggunakan Aspal AC 60/70 Merk Pertamina dan Merk Esso, Thesis Magister STT UGM, Yogyakarta.
- Syukur Sebayang, (2000), Pengaruh Pasir Pantai terhadap Mutu Campuran Aspal Beton, *Jurnal Iptek*, Universitas Lampung.

The Asphalt Institute, Construction of Hot Mix Asphalt Pavements Manual series No. 22, Second Edition Lexington USA.

The Asphalt Institute, (1996), Superpave Mix design, Superpave Series No. 2 (sp-2) Lexington USA.

The Asphalt Institute, (1997), Performance Graded Asphalt Binder Specificatin and Testing, Superpave Series No. 1 (sp-1) Lexington USA.

Wan Ramli. (2000), Pengaruh Dust Proportion Tinggi dan Lama Perendaman Terhadap

Karakteristik Campuran Panas Beton Aspal dengan Kadar Filler Rendah Berdasarkan Uji Marshall, Thesis Magister STT UGM, Yogyakarta.

Yang H. Huang, (1993), Pavement Analysis and Design, Prentice Hall New Jersey

Y. Martono Hadi, (2003), Permeabilitas dan Pengaruhnya Terhadap Durabilitas Campuran Beraspal, Makalah Konferensi Nasional Teknik Jalan ke-7 Himpunan Pengembangan Jalan Indonesia, Jakarta.