

DURABILITAS AC-WC SPESIFIKASI BINA MARGA 2010 MENGGUNAKAN PASIR ALAM KAMPAR DENGAN UJI RENDAMAN MODIFIKASI MARSHALL

Mukhelnalis Sutazril, Leo Sentosa

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR.Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293
E-mail: Mukhel.nalis@gmail.com

ABSTRACT

In Indonesia the weather condition has big influence on pavement performance and the reduction service life. Moment happened by floods, repeatedly load repetition and seep water among asphalt and rock representing cause the happening of road pavement damage. The use of natural sand as fine aggregate in AC (Asphalt Concrete) mixture is limited to a minimum value of 15% of total of mixture weight. Evaluation from the aspect of utilization cost shows that natural sand is cheaper than fine aggregate from stone crushing process because of no extra cost for crushing. In this research, used specification of Bina Marga 2010 by using a variation of fine aggregate type of sand for AC/WC fine gradation mixture. The variation used are 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, and 30% of total aggregate mixture. Tests were performed using the Marshall test with different immersion time, i.e. Marshall standard, 1 day, 4 days, 7 days, and 28 days of immersion in the bath with the temperature of 60°C. The result show the variation of performance durability with the addition of natural sand content of 15% in optimum asphalt 6,25% has the smallest value of the first durability index with 6,70%, and durability performance of the mixture with the addition of natural sand content of 15% in optimum asphalt 6,25% has the smallest value of the second durability index with 15,70%. This mixture is more resistant (durable) to the effects of immersion in water.

Keywords: natural sand, asphalt concrete AC / WC, Bina Marga Specification 2010 and durability.

1. PENDAHULUAN

Dinegara tropis seperti Indonesia pengaruh cuaca sangat besar terhadap kinerja perkerasan serta pengurangan masa layan. Pada saat terjadinya banjir dalam jangka waktu tertentu, repetisi beban yang berulang-ulang dan pengaruh air yang merembes di antara aspal dan batuan merupakan penyebab terjadinya kerusakan pada perkerasan jalan karena pengaruh air permukaan, panas, dingin, oksidasi dan kelembaban akibatnya campuran aspal beton akan mengalami proses pengerasan dan mengakibatkan aspal menjadi getas dan rapuh (Yolanda, 2011), oleh sebab itu perlu dilakukan pengujian durabilitas (ketahanan).

Agregat halus merupakan salah satu material yang sangat berkaitan dengan kualitas aspal beton sebagai konstruksi lapis

perkerasan jalan. Dalam Spesifikasi Bina Marga Tahun 2010 (Bina Marga, 2010) yang dimaksud dengan agregat halus adalah agregat dari sumber manapun yang terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah dan terdiri dari material yang lolos saringan Nomor 8 (2,36 mm). Pasir alam dapat digunakan sebagai agregat halus sampai batas tidak lebih dari 15% dari total berat campuran.

Pasir alam lebih mudah diperoleh dari agregat lainnya karena tidak perlu diproses lagi dan di beberapa daerah, pasir alam terdapat di sepanjang aliran sungai. Salah satu daerah penghasil pasir alam di Propinsi Riau yaitu berasal dari sungai Kampar, pasir alam cukup mudah diperoleh karena untuk mendapatkannya tanpa melalui proses produksi terlebih dahulu.

Sentosa (2006) meneliti Penggunaan Pasir Kampar pada Campuran Beraspal *HRS-WC* Mengacu pada Spesifikasi Bina Marga Tahun 2002, menghasilkan nilai stabilitas campuran sebesar 1786 kg, sedangkan nilai syarat mutu adalah 800 kg, nilai rongga dalam campuran 3,08% sedangkan nilai batasnya 3% - 6%, nilai kelenturan 538 kg/mm, nilai batas kelenturan minimal 250 kg/mm. Penelitian tersebut menyatakan pasir alam dari Sungai Kampar dapat digunakan sebagai agregat halus pada campuran beraspal jenis *HRS-WC*. Berdasarkan hasil penelitian tersebut maka perlu diteliti penggunaan pasir alam untuk campuran jenis *AC-WC* untuk mengetahui pengaruh penggunaannya terhadap durabilitas (ketahanan) dari campuran.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Riau, dengan dasar menggunakan metode pengujian yang mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010 dan gradasi campuran agregat yang dipakai adalah gradasi *AC-WC* Halus. Bahan yang digunakan yaitu berupa batu pecah, abu batu dan pasir alam asal Kampar produksi PT. Alas Watu Emas, sedangkan bahan aspal yaitu menggunakan aspal Pen 60/70 merk Esso.

Jenis data pada penelitian ini dikelompokkan menjadi 2 yaitu data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang dikumpulkan secara langsung melalui serangkaian kegiatan percobaan yang dilakukan sendiri dengan mengacu pada petunjuk manual yang ada, sedangkan data sekunder yaitu data yang diperoleh secara tidak langsung (didapat dari penelitian lain) untuk bahan atau jenis yang sama dan metode pengujian yang sama juga. Nilai KAO (Kadar Aspal Optimum) yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder yang dikarenakan penggunaan bahan dan sumber yang sama.

Penentuan proporsi masing-masing agregat yang akan diuji harus memenuhi syarat Spesifikasi Umum Bina Marga 2010. Gradasi gabungan ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat. Dalam Spesifikasi Umum Bina

Marga 2010 gradasi gabungan untuk campuran aspal harus memenuhi batas-batas gradasi.

Penelitian ini menggunakan tujuh variasi proporsi yang mengacu pada batas-batas gradasi agregat gabungan *AC/WC* gradasi halus. Pengambilan variasi ini berdasarkan persentase maksimal dari penggunaan pasir alam yang diatur dalam Spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu sebesar 15%. Untuk mendapatkan persentase pasir alam yang optimal maka percobaan penggunaan pasir alam dalam campuran aspal divariasikan mulai dari tiga variasi di bawah persentase maksimal sampai tiga variasi di atas persentase maksimal pasir alam yang diperbolehkan, dengan kenaikan 5% antara variasi.

Variasi kadar pasir alam yang digunakan sebanyak 7 (tujuh) variasi yaitu :

1. Variasi kadar pasir alam 0% = 15% agregat 1-2, 30% agregat medium, 55% agregat abu batu, 0% pasir alam.
2. Variasi kadar pasir alam 5% = 15% agregat 1-2, 30% agregat medium, 50% agregat abu batu, 5% pasir alam.
3. Variasi kadar pasir alam 10% = 15% agregat 1-2, 30% agregat medium, 45% agregat abu batu, 10% pasir alam.
4. Variasi kadar pasir alam 15% = 14% agregat 1-2, 31% agregat medium, 40% agregat abu batu, 15% pasir alam.
5. Variasi kadar pasir alam 20% = 15% agregat 1-2, 30% agregat medium, 35% agregat abu batu, 20% pasir alam.
6. Variasi kadar pasir alam 25% = 15% agregat 1-2, 30% agregat medium, 30% agregat abu batu, 25% pasir alam.
7. Variasi kadar pasir alam 30% = 15% agregat 1-2, 25% agregat medium, 30% agregat abu batu, 30% pasir alam.

Analisa uji rendaman *Marshall* membandingkan nilai stabilitas pada keadaan standar dengan nilai stabilitas pada kondisi rendaman 1 hari, 4 hari, 7 hari, dan 28 hari. Dari data perbandingan tersebut diambil nilai durabilitas terhadap waktu perendaman.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Material Agregat Penelitian

Bahan – bahan penyusun campuran seperti aspal dan agregat dalam penelitian harus diuji karakteristiknya terlebih dahulu sebelum digunakan. Nilai karakteristik yang diperoleh dari hasil pengujian harus memenuhi persyaratan yang terdapat dalam spesifikasi Bina Marga 2010. Hasil pengujian fisik terhadap agregat dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2

Tabel 1. Hasil pengujian agregat kasar

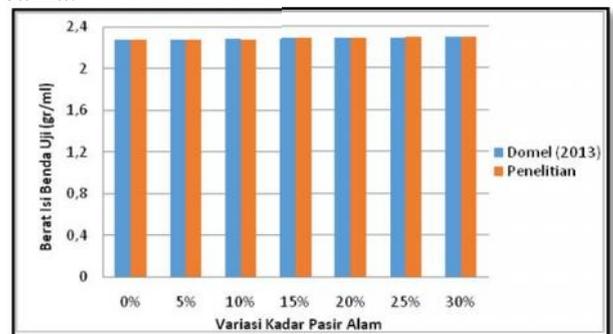
No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Penelitian	Spesifikasi Bina Marga	
				Min	Max
I. Agregat Kasar					
1	Berat Jenis	SNI-1969-1990			
	Agregat 1-2				
	-Berat Jenis <i>Bulk</i>		2.56	2.5	
	-Berat Jenis <i>SSD</i>		2.58		
	-Berat Jenis <i>Apparent</i>		2.62		
	-Penyerapan		0.88		3%
2	Pengujian <i>Los Angeles Abrasion</i>	SNI -2417-1991	34.58		40%
3	<i>Aggregate Impact Value</i>	BS 812-Part 3-1975	13.93		30%
4	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	SNI 03-2439-1991	99	95%	
5	Kekekalan Bentuk Agregat Terhadap Larutan Natrium dan Magnesium	SNI 3407-2008	0.23		12%
6	Partikel Pipih dan Lonjong	ASTM D4791 Perbandingan 1:5	7.33		10%
7	Material Lolos Saringan No.200	SNI 03-4142-1996	0.85		1%

Tabel 2. Hasil pengujian agregat halus

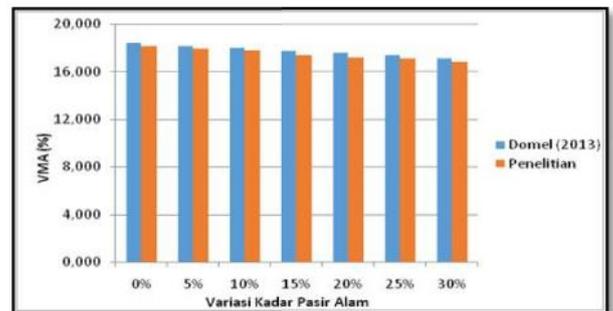
No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Penelitian	Spesifikasi Bina Marga	
				Min	Max
II. Agregat Halus					
1	Berat Jenis	SNI-1970-1990			
	Agregat Abu Batu				
	-Berat Jenis <i>Bulk</i>		2.65	2.5	
	-Berat Jenis <i>SSD</i>		2.67		
	-Berat Jenis <i>Apparent</i>		2.69		
	-Penyerapan		0.61		3%
	Agregat Pasir Alam				
	-Berat Jenis <i>Bulk</i>		2.61	2.5	
	-Berat Jenis <i>SSD</i>		2.61		
	-Berat Jenis <i>Apparent</i>		2.61		
	-Penyerapan		0.03		3%
	Agregat Medium				
-Berat Jenis <i>Bulk</i>		2.53	2.5		
-Berat Jenis <i>SSD</i>		2.55			
-Berat Jenis <i>Apparent</i>		2.57			
-Penyerapan		0.59		3%	
2	Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997			
	-Agregat Abu Batu		65.33	50	
	-Agregat Pasir Alam		82.34		
3	Angularitas	SNI 03-6877-2002			
	-Agregat Abu Batu		45.6	45%	
	-Agregat Pasir Alam		45.4		
4	Kadar Lempung	SNI 3423-2008			
	-Agregat Abu Batu		0.96		1%
	-Agregat Pasir Alam		0.69		
5	Material Lolos Saringan No.200	SNI 03-4142-1996			
	-Agregat Abu Batu		7.61		8%
	-Agregat Pasir Alam		3.07		

3.2 Perbandingan Karakteristik Marshall Hasil Pengujian dengan Penelitian Terdahulu

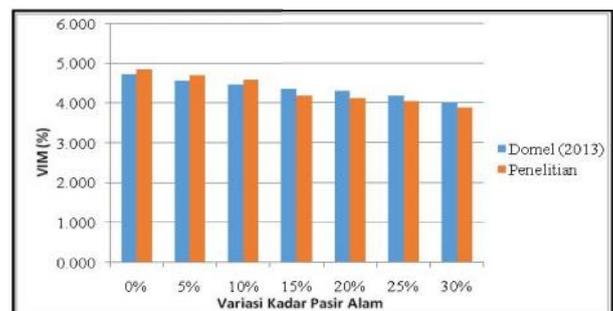
Perencanaan desain campuran dapat menggunakan Kadar Aspal Optimum (KAO) penelitian sebelumnya dimana penelitiannya mengikuti peraturan dan persyaratan yang sama, agar data penelitian dapat dikatakan seragam maka perlu dilakukan pendekatan data dengan cara membandingkan hasil penelitian sehingga keseragaman data dapat disimpulkan. Pada penelitian ini Penulis menggunakan KAO berdasarkan penelitian Domel (2013), dimana penelitian Penulis melanjutkan penelitian Domel dan menggunakan peraturan dan persyaratan yang sama.



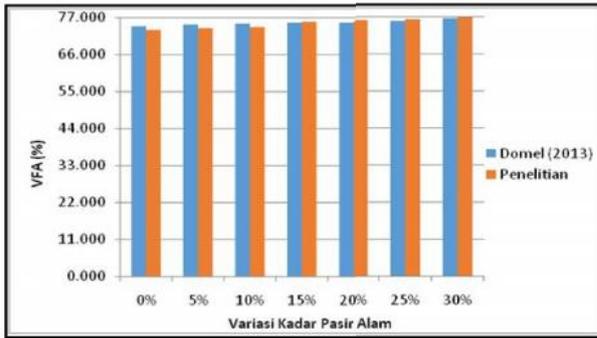
Gambar 1. Grafik perbandingan berat isi



Gambar 2 Grafik perbandingan VMA.



Gambar 3 Grafik perbandingan VIM



Gambar 4. Grafik perbandingan VFA

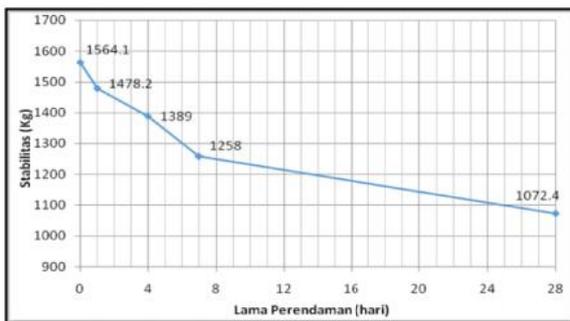
Dari hasil pengujian karakteristik *Marshall*, perbedaan dari penelitian sebelumnya tidak terlalu signifikan atau memiliki kecenderungan yang sama.

3.3 Analisa Tes Rendaman *Marshall*

a. Variasi Kadar Pasir 0%

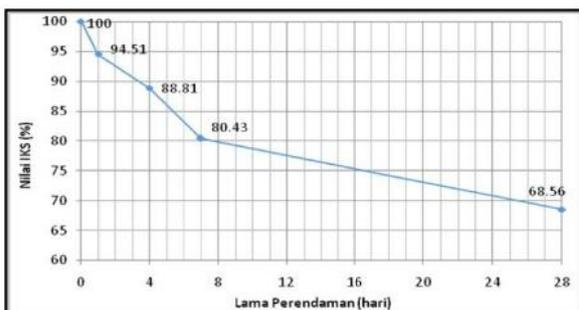
Jenis aspal yang digunakan dalam penelitian ini yaitu aspal pen 60/70 dengan KAO 6,40%.

1. Hubungan Stabilitas dengan Waktu Perendaman.



Gambar 5. Grafik hubungan nilai stabilitas KAO dengan waktu rendaman untuk variasi kadar pasir alam 0%

2. Hubungan Indeks Kekuatan Sisa (IKS) dengan Waktu Perendaman

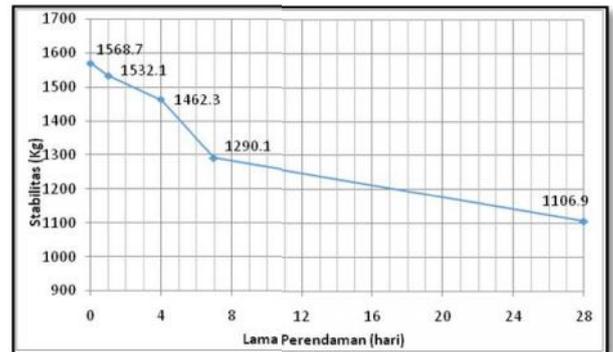


Gambar 6. Grafik hubungan nilai IKS KAO dengan waktu rendaman untuk variasi kadar pasir alam 0%

b. Variasi Kadar Pasir 5%

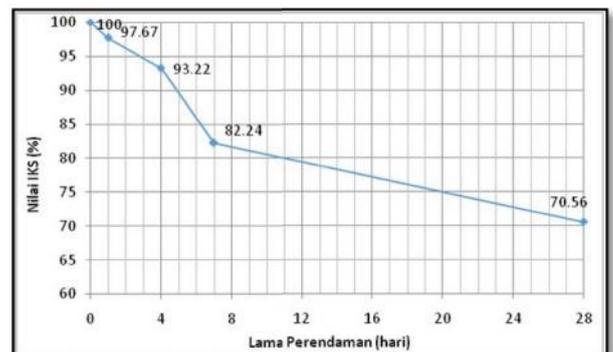
Jenis aspal yang digunakan dalam penelitian ini yaitu aspal pen 60/70 dengan KAO 6,35%.

1. Hubungan Stabilitas dengan Waktu Perendaman.



Gambar 7. Grafik hubungan nilai stabilitas KAO dengan waktu rendaman untuk variasi kadar pasir alam 5%

2. Hubungan Indeks Kekuatan Sisa (IKS) dengan Waktu Perendaman

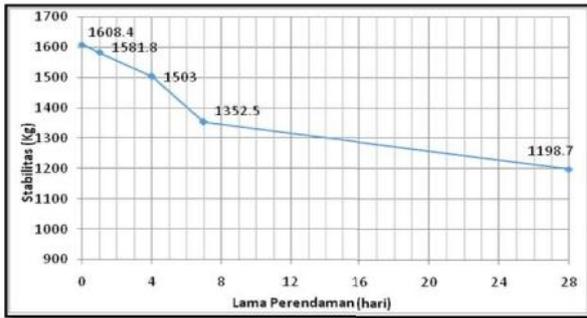


Gambar 8. Grafik hubungan nilai IKS KAO dengan waktu rendaman untuk variasi kadar pasir alam 5%

c. Variasi Kadar Pasir 10%

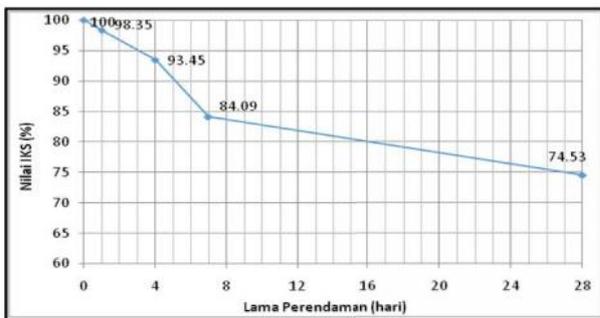
Jenis aspal yang digunakan dalam penelitian ini yaitu aspal pen 60/70 dengan KAO 6,30%.

1. Hubungan Stabilitas dengan Waktu Perendaman.



Gambar 9. Grafik hubungan nilai stabilitas KAO dengan waktu rendaman untuk variasi kadar pasir alam 10%

2. Hubungan Indeks Kekuatan Sisa (IKS) dengan Waktu Perendaman

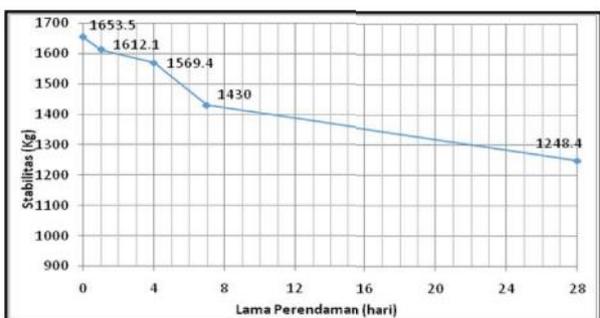


Gambar 10. Grafik hubungan nilai IKS KAO dengan waktu rendaman untuk variasi kadar pasir alam 10%

d. Variasi Kadar Pasir 15%

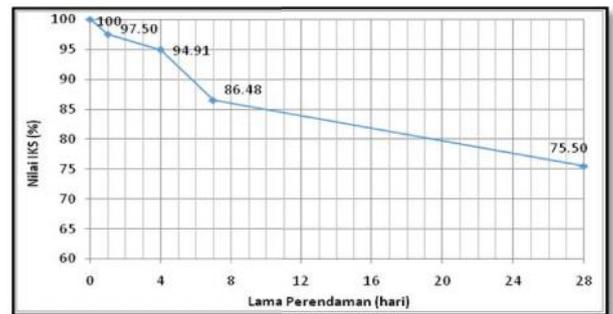
Jenis aspal yang digunakan dalam penelitian ini yaitu aspal pen 60/70 dengan KAO 6,25%.

1. Hubungan Stabilitas dengan Waktu Perendaman.



Gambar 11. Grafik hubungan nilai stabilitas KAO dengan waktu rendaman untuk variasi kadar pasir alam 15%.

2. Hubungan Indeks Kekuatan Sisa (IKS) dengan Waktu Perendaman.

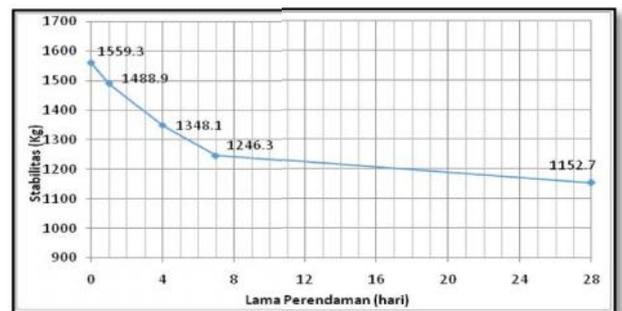


Gambar 12. Grafik hubungan nilai IKS KAO dengan waktu rendaman untuk variasi kadar pasir alam 15%

e. Variasi Kadar Pasir 20%

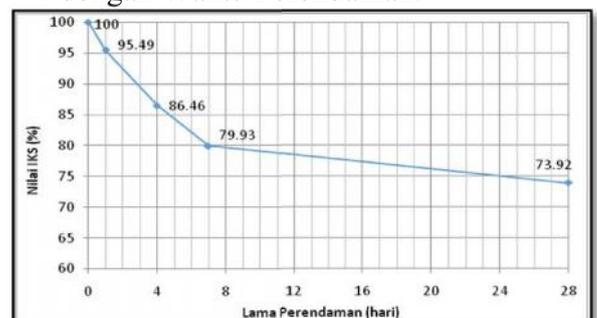
Jenis aspal yang digunakan dalam penelitian ini yaitu aspal pen 60/70 dengan KAO 6,20%.

1. Hubungan Stabilitas dengan Waktu Perendaman.



Gambar 13. Grafik hubungan nilai stabilitas KAO dengan waktu rendaman untuk variasi kadar pasir alam 20%.

2. Hubungan Indeks Kekuatan Sisa (IKS) dengan Waktu Perendaman.

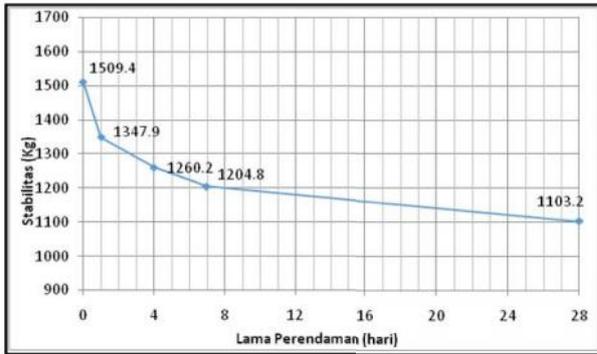


Gambar 14. Grafik hubungan nilai IKS KAO dengan waktu rendaman untuk variasi kadar pasir alam 20%

f. Variasi Kadar Pasir 25%

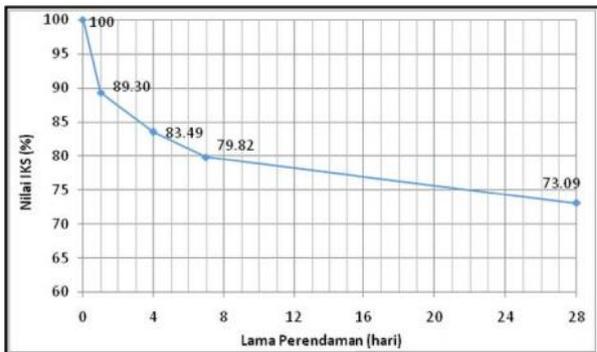
Jenis aspal yang digunakan dalam penelitian ini yaitu aspal pen 60/70 dengan KAO 6,15%.

1. Hubungan Stabilitas dengan Waktu Perendaman.



Gambar 15. Grafik hubungan nilai stabilitas KAO dengan waktu rendaman untuk variasi kadar pasir alam 25%.

2. Hubungan Indeks Kekuatan Sisa (IKS) dengan Waktu Perendaman.

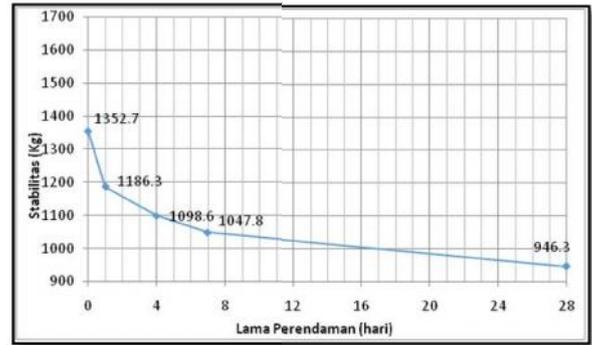


Gambar 16. Grafik hubungan nilai IKS KAO dengan waktu rendaman untuk variasi kadar pasir alam 25%.

g. Variasi Kadar Pasir 30%

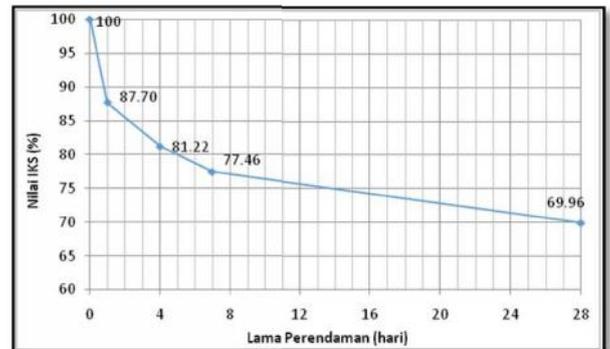
Jenis aspal yang digunakan dalam penelitian ini yaitu aspal pen 60/70 dengan KAO 6,10%.

1. Hubungan Stabilitas dengan Waktu Perendaman.



Gambar 17. Grafik hubungan nilai stabilitas KAO dengan waktu rendaman untuk variasi kadar pasir alam 30%.

2. Hubungan Indeks Kekuatan Sisa (IKS) dengan Waktu Perendaman.



Gambar 18. Grafik hubungan nilai IKS KAO dengan waktu rendaman untuk variasi kadar pasir alam 30%.

3.4 Hasil Analisa Tes Rendaman Marshall

Pengujian *Marshall* dengan variasi rendaman standar, 1, 4, 7, dan 28 hari pada kondisi kadar aspal optimum mendapatkan nilai stabilitas.

a. Hubungan Stabilitas dengan Waktu Perendaman

Stabilitas adalah kemampuan maksimum menahan beban hingga terjadi kelelahan plastis.

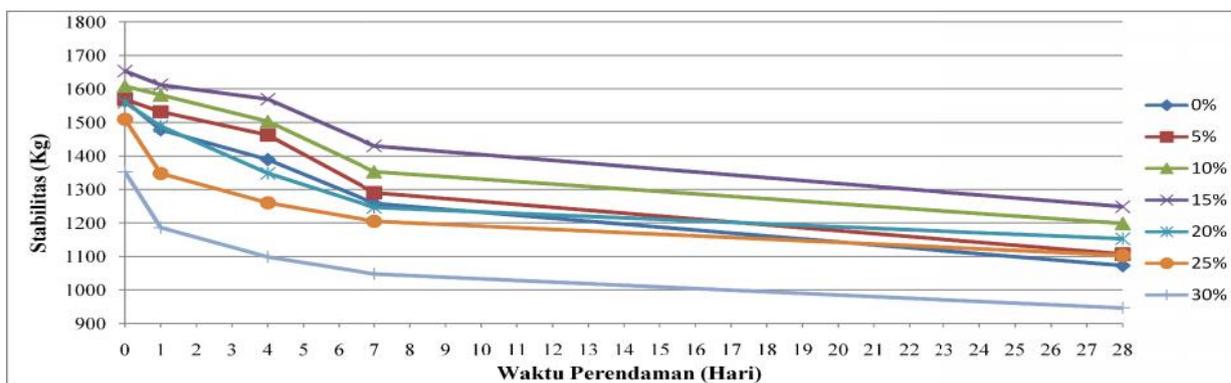
Hubungan nilai stabilitas KAO dengan waktu perendaman dapat dilihat pada tabel 3 berikut ini :

Tabel 3. Nilai Stabilitas KAO Rendaman (kg)

Lama Rendaman (Hari)	Variasi Kadar Pasir Alam						
	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%
0	1564.1	1568.7	1608.4	1653.5	1559.3	1509.4	1352.7
1	1478.2	1532.1	1581.8	1612.1	1488.9	1347.9	1186.3
4	1389	1462.3	1503	1569.4	1348.1	1260.2	1098.6
7	1258	1290.1	1352.5	1430	1246.3	1204.8	1047.8
28	1072.4	1106.9	1198.7	1248.4	1152.7	1103.2	946.3

Dari Tabel 3 diatas nilai stabilitas campuran variasi kadar pasir alam pada setiap waktu rendaman mengalami penurunan nilai stabilitas dibandingkan dengan nilai stabilitas standar sebelum perendaman. Pengaruh ini dikarenakan perubahan suhu benda uji dari suhu sebelum perendaman ke suhu

perendaman yaitu 60⁰ C, suhu di dalam campuran belum stabil dan proses *oksidasi* pada aspal mengakibatkan lepasnya ikatan agregat dengan aspal dan menurunkan nilai stabilitas.



Gambar 19. Grafik hubungan nilai stabilitas KAO dengan waktu perendaman

Berdasarkan Gambar 19 dapat dilihat nilai stabilitas akan terus naik ketika kadar pasir ditambah, namun akan turun kembali ketika mencapai titik maksimal dalam penambahan kadar pasir. Nilai tertinggi stabilitas berada pada variasi kadar pasir alam 15% yaitu sebesar 1653,5 kg. Sedangkan nilai stabilitas terendah berada pada variasi kadar pasir alam 30% yaitu sebesar 1352,7 kg.

Penambahan pasir alam terus menerus tidak membuat nilai stabilitas menjadi semakin tinggi. Nilai stabilitas hanya akan meningkat ketika pasir alam yang ditambahkan mencapai 15% ketika kadar pasir alam ditingkatkan kembali nilai stabilitas cenderung menurun. Pasir yang terlalu banyak akan mengurangi daya ikat antar butiran (*interlocking*) karena pasir memiliki bidang sisi yang licin yang

menyebabkan gesekan butiran (*friction resistance*) semakin kecil.

b. Hubungan Indeks Kekuatan Sisa dengan Waktu Perendaman

Nilai IKS berhubungan dengan kemampuan perkerasan aspal untuk menahan kerusakan yang diakibatkan oleh air. Bina Marga member batasan untuk stabilitas setelah rendaman selama 24 jam (1 hari) dengan suhu 60⁰ adalah minimal 90% dari stabilitas semula.

Hasil pengujian menunjukkan hanya rendaman 1 hari variasi kadar pasir alam 25% dan 30% nilai IKS yang tidak memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu sebesar 89,30% untuk kadar pasir alam 25% dan 87,70% untuk kadar pasir alam 30%. Sedangkan nilai IKS yang tertinggi berada

pada variasi kadar pasir alam 10% yaitu sebesar 98,35% untuk rendaman 1 hari, untuk rendaman 7 dan 28 hari tidak memenuhi

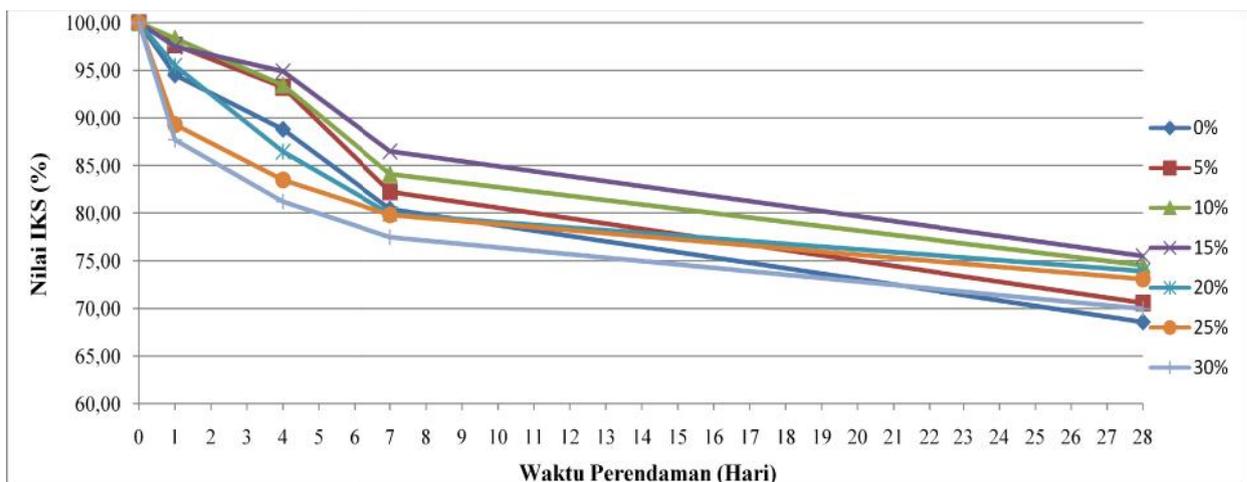
spesifikasi yang telah ditetapkan Bina Marga yaitu 90%. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada tabel 4 berikut:

Tabel 4. Nilai IKS KAO Rendaman (%)

Lama Rendaman (Hari)	Variasi Kadar Pasir Alam						
	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%
0	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1	94.51	97.67	98.35	97.50	95.49	89.30	87.70
4	88.81	93.22	93.45	94.91	86.46	83.49	81.22
7	80.43	82.24	84.09	86.48	79.93	79.82	77.46
28	68.56	70.56	74.53	75.50	73.92	73.09	69.96

Berdasarkan tabel 4, memperlihatkan secara umum terjadinya penurunan kekuatan yang signifikan pada campuran beraspal seiring bertambahnya siklus pengujian. Perendaman menyebabkan air terserap kedalam campuran, air menembus kebagian antar permukaan aspal dengan agregat dan pori

porinya. Adanya air pada bagian antar permukaan ini dan pori – pori pada akhirnya akan mengarah pada pengelupasan aspal dari permukaan agregat dan menyebabkan berkurangnya kekuatan campuran.



Gambar 20. Grafik hubungan nilai IKS dengan waktu perendaman

Dari gambar 20 dapat dilihat bahwa variasi kadar pasir alam 15% mempunyai nilai IKS yang tertinggi pada rendaman 4, 7, dan 28 hari kecuali pada rendaman 1 hari, nilai IKS tertinggi pada variasi kadar pasir alam 10%. Nilai IKS terendah terdapat pada variasi kadar pasir 30% untuk rendaman 1, 4, 7 dan 28 hari. Jadi nilai IKS paling stabil yaitu pada variasi kadar pasir alam 15%.

c. Hubungan Indeks Keawetan Pertama dengan Waktu Perendaman.

Indeks Keawetan pertama atau jumlah kemiringan-kemiringan garis secara berurutan

dari kurva durabilitas. Nilai indeks keawetan pertama dapat dinyatakan sebagai berikut (Hunter, 1994) :

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

dengan:

- r = Indeks keawetan pertama (%)
- S_{i+1} = Persentase kekuatan sisa pada waktu t_{i+1} (%)
- S_i = Persentase kekuatan sisa pada waktu t_i (%)
- t_i, t_{i+1} = Periode perendaman (dimulai dari awal perendaman)

Ketika pengujian dilakukan untuk periode perendaman selama 0, 1, 4, 7, dan 28 hari, maka persamaan menjadi berikut :

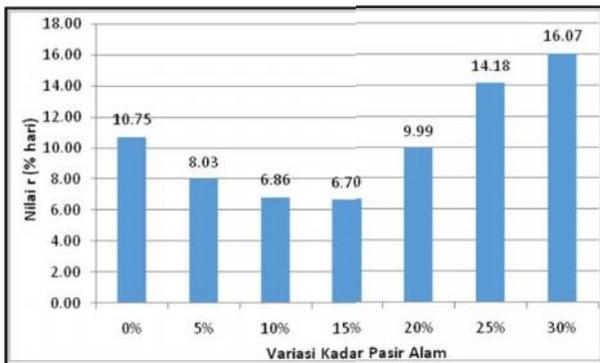
$$r = \frac{S_0 - S_1}{1} + \frac{S_1 - S_4}{3} + \frac{S_4 - S_7}{3} + \frac{S_7 - S_{28}}{21}$$

Data indeks keawetan pertama perendaman modifikasi *Marshall* disajikan pada tabel berikut:

Tabel 5. Data indeks keawetan pertama

No	Variasi Kadar Pasir Alam	Indeks Keawetan Pertama (% hari)
1	0%	10.75
2	5%	8.03
3	10%	6.86
4	15%	6.70
5	20%	9.99
6	25%	14.18
7	30%	16.07

Data indeks keawetan pertama perendaman modifikasi *Marshall* yang disajikan pada tabel 5 dibuat dalam grafik sebagai berikut:



Gambar 21. Diagram hubungan nilai indeks keawetan pertama pada masing-masing variasi kadar pasir alam

Dari gambar 21, dapat dilihat nilai indeks keawetan pertama terkecil pada variasi kadar pasir alam 15%, sedangkan nilai keawetan pertama r terbesar pada variasi pada pasir alam 30%. Bertambahnya kadar pasir alam untuk masing-masing variasi kadar pasir alam memberikan nilai IKS menurun sampai kadar pasir alam optimum tertentu yaitu penambahan kadar pasir alam sebanyak 15%, yang kemudian naik lagi sampai kadar pasir alam 30%. Nilai indeks keawetan pertama pada variasi kadar pasir alam 15% terendah

menunjukkan bahwa pada variasi penambahan kadar pasir alam 15% campuran mempunyai kestabilan yang paling bagus setelah perendaman, sedangkan nilai indeks keawetan pertama pada variasi kadar pasir alam 30% tertinggi menunjukkan bahwa variasi penambahan kadar pasir alam 30% campuran tidak mempunyai kestabilan yang paling tidak stabil setelah dilakukan perendaman bila dibandingkan dengan variasi kadar pasir alam lainnya.

d. Hubungan Indeks Keawetan Kedua dengan Waktu Perendaman.

Indeks keawetan kedua adalah rata-rata luas daerah kehilangan kekuatan yang terletak diantara kurva durabilitas dan garis $S_0=100\%$. Nilai indeks keawetan kedua (a) dapat dinyatakan sebagai kedua (a) dapat dinyatakan sebagai berikut (Hunter, 1994):

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

dengan :

a = Indeks keawetan kedua (%)

S_{i+1} = Persentase kekuatan sisa pada waktu t_{i+1} (%)

S_i = Persentase kekuatan sisa pada waktu t_i (%)

t_i, t_{i+1} = Total waktu perendaman (dimulai dari awal pengujian)

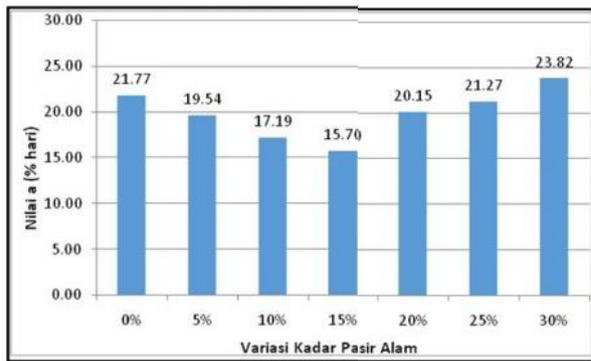
t_n = Total waktu perendaman

Data indeks keawetan kedua uji perendaman modifikasi *Marshall* disajikan pada tabel 6 sebagai berikut:

Tabel 6. Data indeks keawetan kedua

No	Variasi Kadar Pasir Alam	Indeks Keawetan Kedua (%)
1	0%	21.77
2	5%	19.54
3	10%	17.19
4	15%	15.70
5	20%	20.15
6	25%	21.27
7	30%	23.82

Data indeks keawetan kedua perendaman modifikasi *Marshall* yang disajikan pada tabel 6 dibuat dalam grafik menjadi berikut:



Gambar 22. Diagram hubungan nilai indeks keawetan kedua pada masing-masing variasi kadar pasir alam

Dari gambar 22, dapat dilihat nilai keawetan kedua terkecil pada masing-masing variasi kadar pasir alam yaitu dengan penambahan kadar pasir alam 15%, sedangkan nilai keawetan kedua terbesar pada masing-masing variasi kadar pasir alam yaitu dengan penambahan pasir alam untuk masing-masing kadar pasir alam memberikan nilai IKS yang menurun sampai kadar pasir alam optimum tertentu yaitu penambahan kadar pasir alam 15% dan naik lagi sampai kadar pasir alam 30%. Nilai indeks keawetan kedua pada variasi penambahan kadar pasir alam 15% terendah menunjukkan bahwa pada variasi kadar pasir alam 15% campuran memiliki kestabilan yang paling bagus setelah perendaman, sedangkan nilai indeks keawetan kedua pada variasi kadar pasir 30% campuran memiliki kestabilan yang paling tidak stabil setelah perendaman bila dibandingkan dengan variasi penambahan kadar pasir alam lainnya.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian terhadap durabilitas AC-WC spesifikasi Bina Marga 2010 menggunakan pasir alam Kampar dengan uji rendaman modifikasi *Marshall* dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada kondisi campuran dengan kadar aspal optimum setelah perendaman 28 hari, variasi penambahan kadar pasir alam 15% memiliki nilai stabilitas tertinggi yaitu 1248,4 kg.
2. Pada kondisi campuran dengan kadar aspal optimum setelah perendaman 28 hari,

variasi penambahan kadar pasir alam 15% memiliki Indeks Kekuatan Sisa (IKS) tertinggi yaitu 75,5%.

3. Kinerja durabilitas menunjukkan bahwa pada kondisi kadar aspal optimum variasi penambahan kadar pasir alam 15% memiliki indeks keawetan pertama terkecil sebesar 6,70%.
4. Kinerja durabilitas menunjukkan bahwa pada kondisi kadar aspal optimum variasi penambahan kadar pasir alam 15% memiliki indeks keawetan kedua terkecil sebesar 15,70%.
5. Hasil pengujian durabilitas sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Domel (2013) bahwa kadar pasir alam optimum adalah sebesar 15% dari berat total campuran agregat

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, Marudof.** 2012. *Durabilitas Retona Blend 55 Menggunakan Variasi Proporsi Filler Dengan Tes Perendaman Modifikasi Marshall Spesifikasi Pengujian Bina Marga No.010/BM/2008*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil FT. Pekanbaru : Universitas Riau.
- Bina Marga.** 2010. *Seksi 6.3 Spesifikasi Campuran Beraspal Panas pada Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan Edisi 2010*. Jakarta : Direktorat Jendral Bina Marga.
- Domel, I, I.** 2014. *Penggunaan Pasir Alam Dalam Campuran Beraspal Jenis AC-WC Dengan Pengujian Marshall Berdasarkan Spesifikasi Bina Marga Tahun 2010*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil FT. Pekanbaru: Universitas Riau.
- Hunter, R.N.** 1994. *Bituminous Mixtures in Road Construction*. London: Thomas Telford.
- Sentosa, Leo & Putra, A, I.** 2006. *Penggunaan Pasir Cuci Sebagai Agregat Halus Campuran Aspal Jenis HRS (Lataston) Dengan Pengujian Marshall*. Disampaikan pada HEDS Seminar on Science and Technology. Hotel Bintang Griya Wisata, Jakarta. 13-14 September 2006.

- Sukirman, S.** 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta: Granit
- Yolanda, H.** 2011. *Durabilitas Retona Bland 55 menggunakan Bahan Tambah Serat Goni dengan Tes perendaman Modifikasi Marshall Spesifikasi Pengujian Bina Marga No. 010/BM/2008*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil FT. Pekanbaru: Universitas Riau.