

PENGARUH PEMANFAATAN ABU KULIT KERANG SEBAGAI FILLER TERHADAP STABILITAS CAMPURAN AC-WC

Febri Paramitha Ramadhani¹⁾, Alfian Malik²⁾, Gunawan Wibisono²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

Email : febri.paramitha@student.unri.ac.id

ABSTRACT

In the highway pavement, fillers have the smallest parts if be compared to coarse and fine aggregates. Fillers that commonly used are Portland cement, limestone, stone ash and fly ash which is relatively expensive. Therefore, there is a need for research by using other alternative materials such as shellfish ash (AKK) which is one of the waste materials that have similar characteristics to cement. The purpose of this study was to test the performance of clamshell ash fillers in AC-WC mixtures that eligible Marshall requirements based on Bina Marga Specification 2010 Revision 3 method using shellfish ash used as fillers in AC-WC mixtures. The type of bitumen used in this study is asphalt with penetration of 60/70. In this study, the filler proportion used were 0%, 2%, 4%, and 6% of the total weight of the aggregate mixture. Tests were carried out by using the Marshall test with a variety of treatment periods of 1 day, 4 days, 7 days and 28 days of immersion at 60^oC temperature. The results showed that Marshall durability with variations in the addition of shellfish ash by 2% with optimum bitumen content 6.3%, has the lowest durability value of 12,95%. While the variation of the addition of shellfish ash by 2% with optimum bitumen content 6.3%, has the highest durability value of 25,28%. This mixture is more resistant to the effects of water on the immersion process.

Keywords: Shell ash, AC-WC, Bina Marga Specification 2010 Revision 3, durability

A. PENDAHULUAN

Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi. Perkerasan jalan harus mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai, serta ekonomis. Perkerasan jalan merupakan hal yang utama pada jalan yang memberikan pelayanan yang optimal aman, nyaman, kuat, dan cepat. Untuk memenuhi hal tersebut diatas, maka usaha-usaha untuk meningkatkan mutu perkerasan jalan terus dikembangkan dari waktu ke waktu. Hal ini seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan struktur jalan yang bermutu tinggi. (Pujiwanto, 2008)

Pertumbuhan ekonomi yang tak terelakkan telah membawa peningkatan

permintaan terhadap agregat yang digunakan pada konstruksi bangunan. Bersama dengan produksi agregat, pada saat ini penggunaan bahan baku limbah sisa-sisa hasil industri dan limbah domestik telah banyak digunakan.

Dampak lingkungan yang ditimbulkan dari pengambilan agregat yang berasal dari daerah pedalaman menjadi sumber perhatian pada saat ini. Dampak yang ditimbulkan antara lain hilangnya kesuburan tanah pada daerah pedalaman, gangguan pemandangan, lalu lalangnya kendaraan berat pada jalan yang tidak sesuai dengan ketentuan, kebisingan, debu, dan getaran yang terjadi akibat ledakan. Peningkatan penggunaan agregat juga menyebabkan hilangnya dua sumber daya alam tambahan yaitu agregat itu sendiri dan daerah pedalaman yang asli yang telah terganggu kemurniannya.

Dengan mempertimbangkan masalah penipisan sumber-sumber alam dan meningkatnya permintaan akan agregat dan aspal untuk konstruksi yang terjadi akhir-akhir ini, maka penelitian ini difokuskan untuk mencari kemungkinan adanya bahan alternatif yang dapat digunakan pada konstruksi teknik sipil khususnya konstruksi jalan yaitu material-material limbah mineral dan sisa-sisa limbah industri. Bahan alternatif yang akan digunakan pada penelitian ini difokuskan pada bahan *filler* yang khusus, dimana fungsinya sama atau bahkan lebih baik dari material yang ada. Dalam usaha mencari alternatif *filler* yang dapat digunakan untuk campuran aspal panas dicoba menggunakan kulit kerang yang telah dihaluskan dengan harapan bisa memanfaatkan limbah kulit kerang dan meminimalisir limbah industri dari *restoran seafood*.

B. TINJAUAN PUSTAKA

B.1 Lapis Aspal Beton (AC - WC)

Lapis Aspal Beton (AC-WC) merupakan lapisan perkerasan yang menerima kontak langsung dengan roda kendaraan. Lapisan ini harus kedap air, tahan terhadap cuaca, dan memiliki kekesatan yang baik. Lapisan AC-WC berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya. Oleh karena itu, material yang digunakan pada lapisan AC-WC harus memiliki kualitas yang baik, karena lapisan yang berada paling atas lebih besar menahan beban. Untuk ketentuan sifat-sifat campuran aspal beton dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Ketentuan Sifat – Sifat Campuran Laston

Sifat-Sifat Campuran		AC-WC
Jumlah tumbukan per bidang	Kali	75
Rongga dalam campuran, <i>VIM</i> (%)	Min	3,0
	Maks	5,0
Rongga dalam agregat, <i>VMA</i> (%)	Min	15
Rongga terisi aspal, <i>VFA</i> (%)	Min	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min	800
	Maks	3
Pelelehan, <i>flow</i> (mm)	Min	2
	Maks	3
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min	90

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018

Untuk mendapatkan jenis campuran yang baik, Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010 revisi 3 telah menentukan batasan ukuran butiran atau gradasi agregat yang dapat digunakan. Gradasi agregat untuk campuran Laston dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Gradasi Agregat Gabungan untuk Campuran Beraspal

Ukuran Ayakan	%	Berat Yang Lolos Terhadap Total Agregat dalam Campuran Laston (AC-WC)		
		WC	BC	Base
Ayakan (mm)				
1 1/2"	37,5			100
1"	25,0		100	90 – 100
3/4"	19,0	100	90 - 100	76 – 90
1/2"	12,5	90 - 100	75 – 90	60 – 78
3/8"	9,5	77 - 90	66 – 82	52 – 71
No. 4	4,75	53 - 69	46 – 64	35 – 54
No. 8	2,36	33 -53	30 – 49	23 – 41
No. 16	1,18	21 - 40	18 – 38	13 – 30
No. 30	0,6	14 - 30	12 – 28	10 – 22
No. 50	0,3	9 - 22	7 – 20	6 – 15
No. 100	0,15	6 - 15	5 – 13	4 – 10
No. 200	0,075	4 – 9	4 – 8	3 – 7

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018

B.2 Bahan Penyusun AC-WC

B.2.1 Aspal

Aspal merupakan material berwarna hitam atau coklat tua yang bersifat viskoelastis. Pada temperatur ruangan aspal berwujud padat atau agak padat. Jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, aspal dapat mencair sehingga dapat menyelimuti agregat pada saat pencampuran aspal beton. Saat temperatur mulai turun, aspal akan mulai mengeras dan mengikat agregat selama masa layan.

Bahan dasar utama dari aspal adalah hidrokarbon yang umumnya disebut bitumen. Sifat aspal akan berubah akibat suhu panas dan umur. Aspal akan menjadi kaku dan rapuh yang mengakibatkan daya *adhesi* terhadap partikel agregat akan berkurang. Persentase pada campuran umumnya berkisar antara 4%-7% dari berat campuran. Aspal haruslah memiliki sifat adhesi dan kohesi yang baik, serta pada saat dilaksanakan mempunyai tingkat kekentalan tertentu.

Spesifikasi Bina Marga 2018 menyatakan persyaratan aspal keras harus

memenuhi ketentuan sebagaimana pada Tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi Untuk Aspal Keras

No.	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Tipe I Aspal Pen. 60-70
1	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 2456-2011	60 – 70
2	Viskositas Kinematis 135°C (cSt)	SNI 06-6441-2000	≥ 300
3	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48
4	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100
5	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 232
6	Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥ 1,0
Pengujian Residu Hasil TFOT (SNI 06-2440-1991)			
7	Berat yang Hilang (%)	SNI 06-2440-1991	≤ 0,8
8	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 2456-2011	≥ 54
9	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018

B.2.2 Agregat

Agregat merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir, atau mineral lain baik dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil atau fragmen-fragmen. Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90–95% agregat berdasarkan persentase berat atau 75–85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian kualitas agregat dapat mempengaruhi kualitas dari perkerasan jalan. Agregat yang digunakan harus memenuhi persyaratan atau spesifikasi yang sudah diatur pada Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018, agar agregat yang digunakan berkualitas dan menghasilkan perkerasan jalan yang berkualitas pula.

Ketentuan-ketentuan dalam penggunaan agregat kasar dan halus dapat dilihat pada Tabel 4. dan Tabel 5.

Tabel 4. Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian	Spesifikasi		
	Min	Max	
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan (%)	natrium sulfat magnesium sulfat	12 18	
Abrasi dengan mesin	Campuran AC Modifikasi	100 putaran 500 putaran	6 30

	Pengujian	Spesifikasi	
		Min	Max
Los Angeles (%)	Semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya	100 putaran	8
	Kelekatan agregat terhadap aspal (%)		95
	Butir pecah pada agregat kasar (%)		95/90
	Partikel pipih dan lonjong (%)		10
	Material lolos saringan ayakan No. 200 (%)		2

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018

Tabel 5. Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Spesifikasi	
		Min	Max
Nilai setara pasir (%)	SNI 03-4428-1997	60	
Angularitas dengan uji kadar rongga (%)	SNI 03-6877-2002	45	
Gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat (%)	SNI 03-4141-1996		1

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018

B.2.3 Abu Kulit kerang

Kerang adalah salah satu hewan lunak (*mollusca*) kelas *Bivalvia* atau *Pelecypoda*. Secara umum bagian tubuh kerang dibagi menjadi lima, yaitu (1) kaki (*foot byssus*), (2) kepala (*head*), (3) bagian alat pencernaan dan reproduksi (*visceral mass*), (4) selaput (*mantle*) dan cangkang (*shell*). Pada bagian kepala terdapat organ-organ syaraf sensorik dan mulut. Warna dan bentuk cangkang sangat bervariasi tergantung pada jenis, habitat dan makanannya. Kerang biasanya simetri bilateral, mempunyai sebuah mantel yang berupa daun telinga atau cuping dan cangkang setangkup. Mantel diletakkan ke cangkang oleh sederetan otot yang meninggalkan bekas melengkung yang disebut garis mantel. Fungsi dari permukaan luar mantel adalah mensekresi zat organik cangkang dan menimbun kristal-kristal kalsit atau kapur.

Abu kulit kerang adalah abu yang terbuat dari pembakaran kulit kerang pada suhu tertentu. Cangkang kerang jenis kerang darah memiliki belahan yang sama melekat satu sama lain pada batas cangkang. Rusuk pada kedua belahan cangkangnya sangat menonjol. Cangkang berukuran sedikit lebih

panjang dibanding tingginya tonjolan (*umbone*). Setiap belahan cangkang memiliki 19-23 rusuk.

Dalam penelitian Syafpotri (2013) menyebutkan bahwa pembakaran abu kulit kerang pada suhu 700°C menghasilkan kandungan CaO sebesar 55,10%. Hasil ini menunjukkan bahwa abu kulit kerang berpotensi digunakan sebagai bahan pengganti kapur pada proses pembuatan semen.

B.3 Durabilitas

Durabilitas atau keawetan adalah kemampuan beton aspal menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, seperti air atau perubahan temperatur (Sukirman, 2003).

Tujuan pengujian durabilitas campuran ini adalah untuk mengetahui daya rekat aspal terhadap agregat dengan cara merendam beton aspal dalam air. Durabilitas campuran beton aspal dapat ditinjau dari besaran nilai stabilitas pada uji *marshall* setelah dilakukan rendaman.

Prosedur pengujian durabilitas standar menurut Spesifikasi Bina Marga Tahun 2010 revisi 3 yaitu dilakukan dengan perendaman benda uji pada temperatur tetap $\pm 60^\circ\text{C}$ selama 30 menit dan 24 jam. Perbandingan stabilitas yang direndam dengan stabilitas standar, dinyatakan sebagai persen dan disebut Indeks Kekuatan Sisa dengan nilai minimal 90%. Dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut.

$$IKS = \frac{MSi}{MSs} \times 100 \dots\dots\dots(I)$$

dengan :

- IKS* : Indeks Kekuatan Sisa
- MSi* : *Marshall Stability*, setelah rendaman 24 jam suhu $\pm 60^\circ\text{C}$
- MSs* : *Marshall Stability* kondisi standar

Dengan menggunakan rumus yang sama dihitung nilai indeks kekuatan sisa saat perendaman pada lama perendaman 1 hari, 4 hari, 7 hari, dan 28 hari. Nilai indeks kekuatan sisa menunjukkan kekuatan yang tersisa pada

perkerasan jalan setelah direndam pada pada jangka waktu tertentu.

C. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Riau. Dalam penelitian ini digunakan Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010 revisi 3 sebagai acuan untuk menentukan campuran Lapis aspal beton (AC-WC) dengan menggunakan metode pengujian *Marshall*. Sedangkan untuk standar pelaksanaan pengujiannya digunakan Standar Nasional Indonesia (SNI) yang berkaitan dengan pengujian Laston.

C.1 Bahan dan Peralatan

C.1.1 Bahan

Bahan yang digunakan adalah:

1. Aspal PEN 60/70 merek Esso yang telah tersedia di Laboratorium Jalan Raya Universitas Riau.
2. Agregat kasar dan halus hasil produksi quari batu pecah daerah Pangkalan, Sumatera Barat.
3. Abu kulit kerang

C.1.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan adalah:

1. Alat uji pemeriksaan properties agregat.
2. Alat uji pemeriksaan properties aspal.
3. Cetakan benda uji dengan diameter 10,16 cm dan tinggi 7,62 cm, lengkap dengan pelat alas dan leher sambung.
4. Sampel *Extruder*
5. Alat Uji *Marshall*
6. Mesin penumbuk dengan permukaan yang rata berbentuk silinder dengan berat 4,54 kg dan tinggi jatuh bebas 45,7 cm.
7. Oven dengan suhu mencapai 200°C
8. *Water batch* atau bak rendaman dengan suhu mulai $10-100^\circ\text{C}$
9. *Thermometer*
10. Timbangan
11. Perlengkapan lainnya

C.2 Pengujian Bahan Penyusun

Semua bahan yang akan digunakan diperiksa karakteristiknya agar sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 revisi 3.

C.2.1 Pengujian Aspal

Pengujian aspal PEN 60/70 yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 6 :

Tabel 6. Pengujian aspal PEN 60/70

Pengujian	Spesifikasi
Pengujian titik nyala dan titik bakar aspal	SNI 2433:2011
Pengujian penetrasi aspal	SNI 2456-2011
Pengujian titik lembek aspal	SNI 2434:2011
Pengujian kehilangan berat aspal	SNI 06-2441-1991
Pengujian berat jenis aspal	SNI 2441:2011
Pengujian viskositas aspal	06-6441-2000

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018

C.2.2 Pengujian Abu kulit kerang

Pada pengujian ini *Filler* yang akan digunakan adalah Abu Kulit Kerang (AKK). *Filler* AKK yang akan digunakan adalah yang lolos saringan No.200. sedangkan untuk pengujian sifat kimia tidak dilakukan dalam penelitian ini, karena mengacu kepada penelitian terdahulu.

C.2.3 Pengujian Agregat

Pengujian yang akan dilakukan untuk melihat karakteristik agregat dapat dilihat pada Tabel 7:

Tabel 7. karakteristik agregat

Pengujian	Spesifikasi
Pengujian analisis saringan	SNI 03-1968-1990
Pengujian Material Lolos Ayakan No. 200	SNI 03-4142-1996 dan ASTM C117:2002
Pengujian <i>sand equivalent</i>	SNI 03-4428-1997
Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat	SNI 1969-2008 dan SNI 1970-2008,
Pengujian keausan agregat dengan mesin abrasi <i>Los Angeles</i>	SNI 2417 :2008
Pengujian kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium sulfat atau magnesium sulfat	SNI 3407:2008
Pengujian kekekatan agregat terhadap aspal	SNI 2439:2011
Pengujian penentuan persentase butir pecah pada agregat kasar	SNI 7619:2012
Pengujian pipih dan lonjong	ASTM D4791
Pengujian angularitas dan kadar rongga	SNI 03-6877-2002
Pengujian gumpalan lempung dan butir mudah pecah	SNI 03-4141-1996.

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018

C.3 Rancangan Campuran AC - WC

Berdasarkan variasi kadar aspal dan kadar AKK dan jenis pengujian yang akan dilakukan untuk mendapatkan KAO, maka jumlah benda uji yang dibutuhkan adalah sebanyak 75 buah yang dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Jumlah Benda Uji untuk Menentukan KAO

Kadar Aspal	Persentase AKK					Jumlah
	0 %	2 %	4 %	6 %	8 %	
5	3	3	3	3	3	15
5,5	3	3	3	3	3	15
6	3	3	3	3	3	15
6,5	3	3	3	3	3	15
7	3	3	3	3	3	15
Total						75

Setelah didapatkan kadar aspal optimum untuk masing masing variasi campuran, pengujian dilanjutkan dengan uji rendaman *Marshall*. Pengujian ini 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 bisa diambil nilai durabilitas terhadap waktu perendaman. Jumlah benda uji masing-masing adalah 3 benda uji. Berdasarkan variasi campuran dan jenis pengujian yang dilakukan maka jumlah benda uji yang diperlukan dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Jumlah Benda Uji Pada Kondisi KAO

Variasi filler (%)	Penguji Marshall					Jumlah Sampel (buah)
	Standar	Rendaman	Rendaman	Rendaman	Rendaman	
		1 hari	4 hari	7 hari	28 hari	
0	3	3	3	3	3	15
2	3	3	3	3	3	15
4	3	3	3	3	3	15
6	3	3	3	3	3	15
Total						60

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

D.1 Hasil Pengujian Bahan Penyusun AC – WC

Material bahan penyusun Laston diuji karakteristiknya terlebih dahulu. Pengujian bertujuan untuk menguji kelayakan material sebagai bahan penyusun Laston apakah telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

D.1.1 Hasil Pengujian Aspal

Hasil pengujian aspal sebagaimana pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Pengujian Aspal PEN 60/70

Sifat-sifat Material Yang Diuji	Satuan	Hasil Uji	Spesifikasi	
			Min	Maks
Penetrasi, 25 °C, 100 gram, 5 detik	dmm	63,60	60	70
Penetrasi, (Setelah Kehilangan Berat)	%	93,40	54	
Titik Lembek (Softening Point)	°C	56,25	48	
Titik Nyala degan Cleveland Open Cup	°C	282,00	232	

Sifat-sifat Material Yang Diuji	Satuan	Hasil Uji	Spesifikasi	
			Min	Maks
Berat Jenis		1,014	1	
Kehilangan Berat (TFOT)	% berat	0,1173		0,8
Viskositas Kinematis 135°C (cSt)	°C	550,00	300	

Dari hasil pengujian aspal PEN 60/70 yang dapat dilihat pada Tabel 10, menunjukkan karakteristik aspal telah memenuhi spesifikasi yang ditentukan, sehingga layak digunakan sebagai bahan penyusun Laston dalam penelitian ini.

D.1.2 Hasil Pengujian Agregat

Agregat yang diuji dalam penelitian ini adalah agregat 1-2, sedang, dan halus, yaitu agregat 1-2 lolos saringan 3/4” sampai tertahan saringan no.8, agregat sedang lolos saringan no.8 sampai tertahan saringan no. 200 dan agregat halus adalah agregat yang lolos saringan no. 200

Tabel 11. Hasil Pengujian Agregat Kasar

Penguji	Standar	Hasil Penguji	Spesifikasi	
			Min	Maks
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan (%)	natrium sulfat	-		12
	magnesium sulfat	3407:2008	3,119	18
Abrasi dengan mesin Los Angeles (%)	Campuran AC	100 putaran	-	6
	Modifikasi	500 putaran	SNI	30
Semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya	100 putaran	2417:2008	-	8
	500 putaran		21,10	40
Kelekatkan agregat terhadap aspal (%)	SNI 2439:2011	96,42	95	
Butir pecah pada agregat kasar (%)	SNI 7619:2012	100,00	95/90	
Partikel pipih dan lonjong (%)	ASTM D4791 Perbandinga n 1: 5	8,78		10

Tabel 12. Hasil Pengujian Agregat Halus

Pengujian	Standar	Hasil Pengujian Agregat Halus	Spesifikasi	
			Min	Maks
Nilai setara pasir (%)	SNI 03-4428-1997	53,98	60	
Angularitas dengan uji kadar rongga (%)	SNI 03-6877-2002	48,06	45	
Gumpalan lempung dan butir - butir mudah pecah dalam agregat (%)	SNI 03-4141-1996	0,169		1

Hasil Pengujian agregat kasar dan halus dapat dilihat pada Tabel 11 dan Tabel 12 bahwa hasil pengujian telah memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2018 yang telah ditentukan dan dapat digunakan sebagai bahan campuran beraspal jenis Laston.

D.1.3 Hasil Pengujian Abu Kulit Kerang

Hasil pengujian Abu Kulit Kerang sebagaimana pada Tabel 13.

Tabel 13. Hasil Pengujian Agregat Halus

Jenis Pengujian	Standar	Nilai Batas	Hasil Pengujian
Indeks Plastisitas	SNI 03-6723-2004	≤ 4%	Non Plastis
Lolos saringan No.200	SNI 03-6723-2002	≥ 65%	100%
Berat Jenis	SNI 1970-1990		2,815

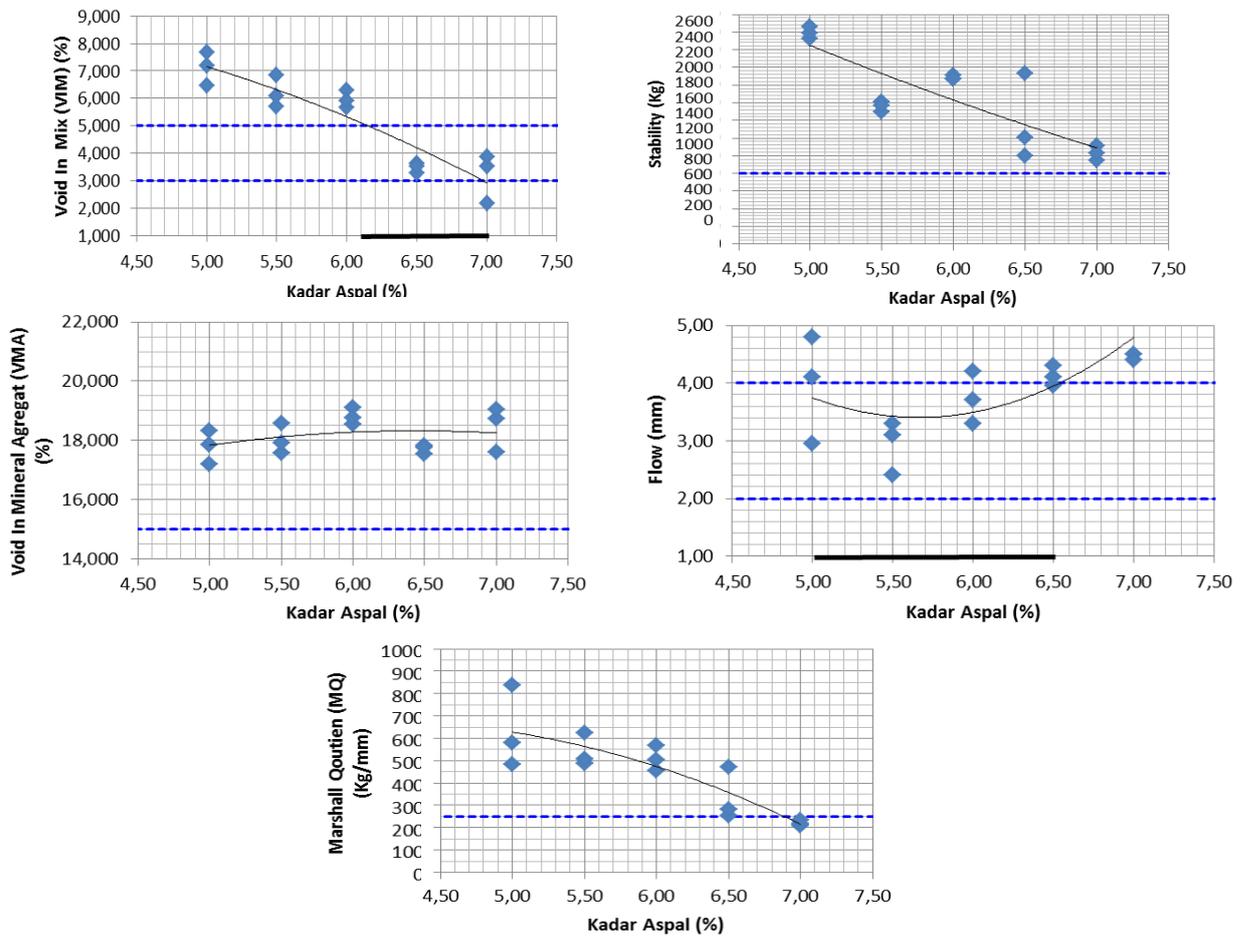
D.2 Penentuan Kadar Aspal Optimum dan Abu Kulit Kerang

Metode yang digunakan dalam penentuan KAO adalah menggunakan metode pita berdasarkan SNI 06-2489-1991 dengan menganalisis lima karakteristik Marshall sebagai standar penentuan KAO.

Setiap komposisi campuran yang terdiri dari variasi kadar aspal dan Abu Kulit Kerang dihitung nilai *VMA*, *VIM*, *VFA*, stabilitas, *flow* dan *MQ*. Nilai-nilai tersebut diuraikan dalam grafik yang dibatasi oleh Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3, lalu dipindahkan ke dalam tabel kinerja *Marshall*. KAO diperoleh dari nilai yang memenuhi semua kriteria *Marshall* tersebut. Berikut adalah contoh penentuan KAO sebagaimana pada Tabel 14. Tabel 14 menunjukkan 3 buah benda uji untuk masing-masing variasi kadar aspal. Kemudian dari data di atas dibuatkan dalam bentuk grafik karakteristik *Marshall* yang dapat dilihat pada Gambar 1 dan Tabel 14.

Tabel 14. Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* Dengan Kadar Abu Kulit Kerang 2%

% Kadar Aspal		<i>VMA</i> (%)	<i>VIM</i> (%)	<i>VFA</i> (%)	<i>Stabilitas</i> (kg)	<i>Flow</i> (mm)	<i>MQ</i> (kg/mm)
1	1	17,211	6,445	62,6	2324,0	4,80	484,16
	2	18,312	7,688	58,0	2383,6	4,10	581,36
	3	17,855	7,172	59,8	2464,8	2,95	835,53
5,5	1	17,576	5,693	67,6	1612,2	3,30	488,53
	2	18,579	6,840	63,2	1495,1	2,40	622,98
	3	17,910	6,075	66,1	1573,2	3,10	507,47
6	1	19,116	6,300	67,0	1868,9	3,30	566,34
	2	18,559	5,655	69,5	1909,6	4,20	454,66
	3	18,763	5,892	68,6	1868,9	3,70	505,12
6,5	1	17,824	3,619	79,7	1002,2	3,95	253,72
	2	17,538	3,283	81,3	1936,6	4,10	472,35
	3	17,748	3,529	80,1	1205,3	4,30	280,31
7	1	18,739	3,507	81,3	948,0	4,50	210,67
	2	17,613	2,169	87,7	1110,5	5,10	217,75
	3	19,054	3,881	79,6	1029,3	4,40	233,92



Gambar 1. Grafik Hasil Uji Karakteristik Marshall

Tabel 15. Rekapitulasi Kadar Aspal Optimum Campuran Aspal

No.	Kriteria	Spesifikasi	Kadar Aspal (%)				
			5	5,5	6	6,5	7
1	Stabilitas (Kg)	800					
2	Flow (mm)	Min 3					
3	VIM (%)	4 - 6					
4	VFA (%)	Min 68					
5	VMA (%)	Min 18					
6	MQ (Kg/mm)	Min 250					
KAO (%)			$\frac{6,1 + 6,5}{2} = 6,30 \%$				

Dari Gambar 1 dan Tabel 15 diperoleh nilai KAO untuk campuran beraspal dengan variasi Abu Kulit kerang 2% adalah 6,30%.

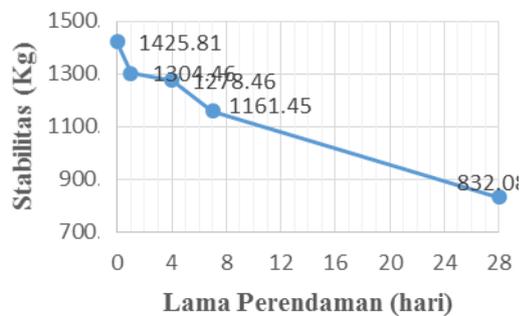
Rekapitulasi kadar aspal optimum campuran aspal dan Abu Kulit kerang untuk variasi 0%, 2%, 4%, 6%, 8% sebagaimana pada Tabel 16.

Tabel 16. Rekapitulasi Kadar Aspal Optimum Campuran Aspal dan Abu Kulit kerang

Sifat - Sifat Material Yang Diuji (Nilai Rata - Rata)	Kadar Aspal (%)	Hasil Pengujian Campuran Aspal : Abu Kulit kerang Dengan Variasi Abu Kulit kerang					Spesifikasi	
		0	2	4	6	8	Min	Maks
		Kadar Aspal Optimum (%)	6,13	6,30	6,35	6,38	Tidak masuk spek.	

D.3 Analisa Tes Rendaman Marshall

Analisa *test* rendaman *Marshall* membandingkan nilai stabilitas pada keadaan standar dengan nilai stabilitas pada kondisi rendaman 1 hari, 4 hari, 7 hari, dan 28 hari pada kondisi Kadar Aspal Optimum (KAO). Dari data perbandingan tersebut bisa diambil nilai durabilitas terhadap waktu perendaman. Berikut merupakan contoh hasil perendaman *marshall* pada variasi 2% dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik hubungan nilai stabilitas KAO dengan waktu rendaman untuk variasi kadar Abu Kulit Kerang 2%

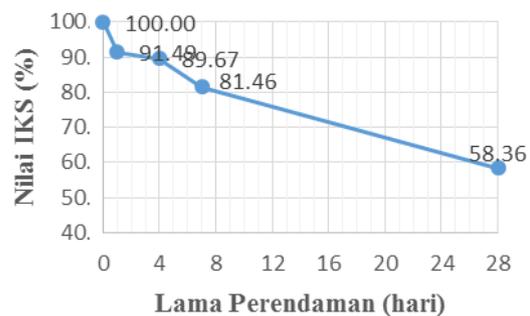
Campuran beraspal dengan variasi kadar Abu Kulit Kerang kondisi kadar aspal optimum 6,30% dengan bertambahnya lama perendaman menghasilkan nilai stabilitas yang cenderung mengalami penurunan.

Tabel 17 Nilai Stabilitas KAO Rendaman (Kg)

Lama Rendaman (Hari)	Variasi Kadar Abu Kulit Kerang			
	0%	2%	4%	6%
0	1434.47	1425.81	1594.82	1625.16
1	1334.80	1304.46	1365.13	1321.80
4	1308.80	1278.46	1295.79	1183.12
7	1113.78	1161.45	1248.12	1057.44
28	736.74	832.08	797.41	979.43

Dari Tabel 17 menunjukkan nilai stabilitas campuran variasi kadar Abu Kulit Kerang 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

Penurunan nilai stabilitas ini dikarenakan campuran Lataston tersebut mengalami infiltrasi air selama proses perendaman dapat dilihat pada Gambar 3.

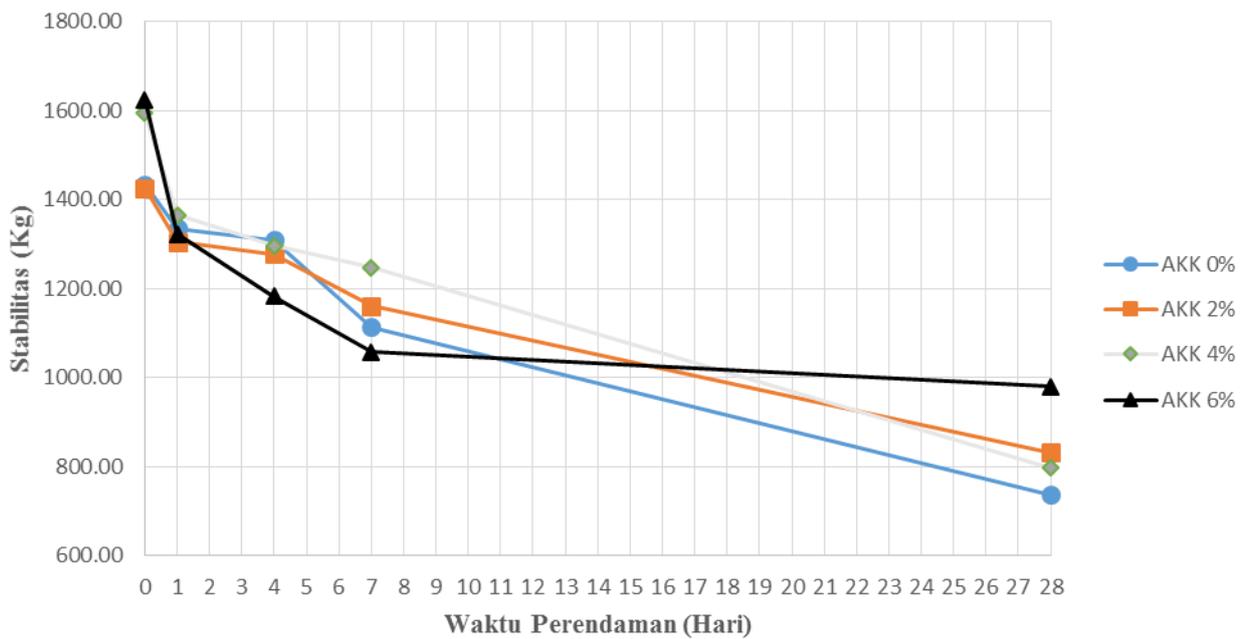


Gambar 3. Grafik hubungan nilai IKS KAO dengan waktu rendaman untuk variasi kadar Abu Kulit Kerang 2%

D.3.1 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 17.

60±1° C. Suhu di dalam campuran belum stabil dan proses *oksidasi* pada aspal mengakibatkan lepasnya ikatan agregat dengan aspal dan dapat menurunkan nilai stabilitas. Hubungan nilai stabilitas KAO dengan waktu rendaman masing-masing variasi kadar Abu Kulit Kerang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Grafik hubungan nilai stabilitas KAO dengan waktu perendaman

Gambar 4 dapat dilihat nilai stabilitas akan terus naik ketika kadar *filler* bertambah, namun akan turun kembali ketika mencapai titik maksimal dalam penambahan *filler*. Nilai tertinggi stabilitas berada pada variasi *filler* 6% yaitu sebesar 1625.16 kg. Sedangkan nilai stabilitas yang terendah berada pada variasi *filler* 4% yaitu sebesar 797,41kg.

Penambahan *filler* terus menerus tidak membuat nilai stabilitas menjadi semakin tinggi. Nilai stabilitas hanya akan meningkat ketika kadar *filler* yang ditambahkan mencapai 2% ketika kadar *filler* ditingkatkan kembali nilai stabilitas cenderung menurun. Sehingga pada kadar *filler* 4% dan 6% mengalami penurunan yang sangat drastis pada rendaman 1 hari akibat pengaruh dari penggunaan *filler* yang terlalu banyak tersebut. *Filler* yang terlalu banyak akan mengurangi daya ikat antar butiran (*interlocking*) karena *filler* memiliki bidang

sisi yang licin yang menyebabkan gesekan butiran (*frictional resistance*) semakin kecil.

D.3.2 Hubungan Indeks Kekuatan Sisa dengan Waktu Perendaman

Metode ini mengambil acuan untuk nilai S_0 dalam penentuan nilai IKS berdasarkan nilai stabilitas masing-masing variasi campuran pada pengujian standar dengan rendaman 30 menit. Nilai IKS berhubungan dengan kemampuan perkerasan aspal untuk menahan kerusakan yang diakibatkan oleh air. Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3 memberi batasan untuk stabilitas setelah rendaman selama 24 jam (1hari) dengan suhu $60 \pm 1^\circ \text{C}$ adalah minimum 90% dari stabilitas semula. Nilai-nilai indeks kekuatan sisa (IKS) campuran untuk keseluruhan hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 18.

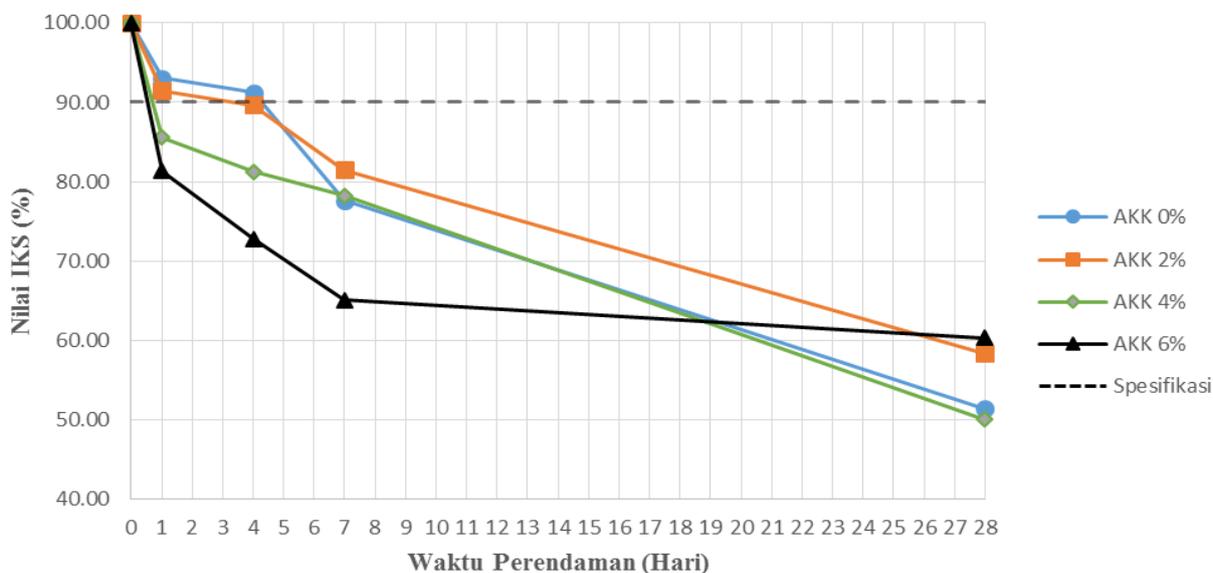
Tabel 18 Nilai IKS KAO Rendaman (%)

Lama Rendaman (Hari)	Variasi Kadar Abu Kulit Kerang			
	0%	2%	4%	6%
0	100.00	100.00	100.00	100.00
1	93.05	91.49	85.60	81.33
4	91.24	89.67	81.25	72.80
7	77.64	81.46	78.26	65.07
28	51.36	58.36	50.00	60.27

Gambar 5 memperlihatkan secara umum terjadinya penurunan kekuatan yang signifikan pada campuran beraspal seiring bertambahnya siklus pengujian. Perendaman menyebabkan air terserap ke dalam campuran, air menembus ke bagian antar permukaan aspal dengan agregat dan pori-porinya. Adanya air pada bagian antar permukaan dan pori-pori pada akhirnya mengarah pada pengelupasan aspal dari permukaan agregat dan menyebabkan berkurangnya kekuatan campuran.

Hasil pengujian menunjukkan hanya pada rendaman 1 hari variasi kadar abu kulit kerang 0% dan 2% dan rendaman 4 hari variasi kadar abu kulit kerang 0%. nilai IKS yang memenuhi Spesifikasi Bina Marga yaitu sebesar 93,05% untuk kadar abu kulit kerang 0% dan 91,24% untuk kadar abu kulit kerang 2% rendaman 1 hari dan nilai IKS yang

memenuhi Spesifikasi Bina Marga yaitu sebesar 91,49% untuk kadar abu kulit kerang 0% rendaman 4 hari . Sedangkan nilai IKS yang terendah berada pada variasi kadar abu kulit kerang 6% yaitu sebesar 50,00% untuk rendaman 28 hari. Untuk rendaman 7 dan 28 hari tidak memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan oleh Bina Marga yaitu 90%. Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa variasi kadar abu kulit kerang 2% mempunyai nilai IKS yang tertinggi pada rendaman 1,4, 7 dan 28 hari, nilai IKS tertinggi pada variasi kadar abu kulit kerang 2%. Nilai IKS terendah terdapat pada variasi abu kulit kerang 6% untuk rendaman 4, 7 dan 28 hari. Jadi nilai IKS paling stabil yaitu pada variasi kadar abu kulit kerang 2%. Hubungan nilai IKS dengan waktu rendaman masing-masing variasi kadar Abu Kulit Kerang dapat dilihat pada gambar 5



Gambar 5 Grafik hubungan nilai IKS KAO dengan waktu perendaman

D.3.3 Hubungan Indeks Keawetan Pertama dengan Waktu Perendaman

Hasil analisis indeks keawetan pertama dengan metode indeks keawetan (Craus, et al, 1981), campuran beraspal dengan variasi kadar Abu Kulit Kerang 0% memiliki nilai indeks keawetan pertama seperti diuraikan berikut ini.

Contoh perhitungan:

Menentukan nilai indeks keawetan pertama

Data di ambil dari Tabel 17.

$$S_0 = 100\% \quad S_1 = 93,05\%$$

$$S_4 = 91,24\% \quad S_7 = 77,62\%$$

$$S_{28} = 51,36\%$$

Rumus :

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

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 1 hari, 4 hari, 7 hari, dan 28 hari maka persamaan menjadi berikut.

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

$$r = \frac{100 - 93,05}{1} + \frac{93,05 - 91,24}{3} + \frac{91,24 - 77,62}{3} + \frac{77,62 - 51,36}{21}$$

$$= 13,34\%$$

Menentukan nilai R (nilai mutlak dari kehilangan yang dibobotkan)

Dengan rumus :

$$R = \frac{r}{100} S_0 \dots\dots\dots(III)$$

dengan:

R = Nilai Mutlak dari pembobotan kehilangan kekuatan (kg)

S_0 = Nilai Absolut dari kekuatan awal (kg)

$$R = \frac{13,34}{100} \cdot 1434,47 = 191,33 \text{ Kg}$$

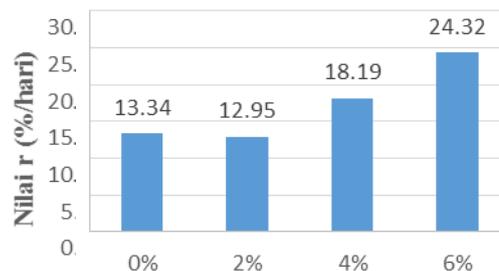
Nilai indeks keawetan pertama pada campuran beraspal dengan variasi kadar *oil sludge* 2% menunjukkan angka 0,309%. Data indeks keawetan pertama perendaman modifikasi *Marshall* disajikan pada Tabel 19.

Tabel 19 Data indeks keawetan pertama perendaman modifikasi *Marshall*

No	Variasi Kadar <i>Oil Sludge</i>	Indeks Keawetan Pertama		
		r (%/jam)	S_0	R (kg/jam)
1	0%	13.34	1434.47	191.33
2	2%	12.95	1425.81	184.69
3	4%	18.19	1594.82	290.14
4	6%	24.32	1625.16	395.22

Data indeks keawetan pertama perendaman modifikasi *Marshall* yang

disajikan pada Tabel 19 dibuat dalam grafik seperti pada Gambar 6.



Gambar 6 Diagram hubungan nilai indeks keawetan pertama pada masing-masing variasi kadar Abu Kulit Kerang

Dari Gambar 6 dapat dilihat nilai indeks keawetan pertama terkecil pada variasi kadar Abu Kulit Kerang 2%, sedangkan nilai indeks keawetan pertama terbesar pada variasi kadar Abu Kulit Kerang 6%. Bertambahnya kadar Abu Kulit Kerang untuk variasi kadar Abu Kulit Kerang memberikan nilai indeks keawetan yang terus menerus naik hingga variasi kadar Abu Kulit Kerang 6%.

D.3.3 Hubungan Indeks Keawetan Pertama dengan Waktu Perendaman

Hasil analisis keawetan kedua dengan metode indeks keawetan (Crauss, et al, 1981), campuran beraspal dengan variasi kadar *oil sludge* 0% memiliki nilai indeks keawetan kedua seperti yang diuraikan berikut ini.

Contoh perhitungan:

Data diambil dari Tabel 18

$$S_0 = 100\% \quad S_1 = 93,05\%$$

$$S_4 = 91,24\% \quad S_7 = 77,62\%$$

$$S_{28} = 51,36\%$$

Rumus :

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

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+1} = Total waktu perendaman (dimulai dari awal pengujian)
 t_n = Total waktu perendaman

$$a = \frac{1}{2 \times 28} [(100 - 93,05)((2 \times 28) - (0 + 1)) + (93,05 - 91,24)((2 \times 28) - (1 + 4)) + (91,24 - 77,62)((2 \times 28) - (4 + 7)) + (77,62 - 51,36)((2 \times 28) - (7 + 28))]$$
 $a = 29,26\%$

Berdasarkan defenisi ini, $a < 100$. Oleh karena itu, kemungkinan untuk menyatakan persentase ekuivalen kekuatan sisa 1 hari S_0 dalam % sebagai berikut:

Rumus:

$$\bar{S}_a = (100 - a) \dots\dots\dots(V)$$

dengan :

\bar{S}_a = Nilai mutlak dari ekuivalen kuat sisa (%)

a_i = Indeks keawetan kedua (%)

$$\bar{S}_a (\%) = (100 - 7,42) = 92,58\%$$

Rumus :

$$A = \frac{a}{100} S_0 \dots\dots\dots(VI)$$

$$S_a = S_0 - A$$

Dengan :

A = Nilai mutlak ekuivalen kehilangan kekuatan (kg)

S_0 = Nilai kuat tekan awal (kg)

S_a = Nilai mutlak dari ekuivalen kuat sisa (kg)

$$A = \frac{29,26}{100} 1434,47 = 419,70 \text{ Kg}$$

$$S_a = 1434,47 - 419,70 = 1014,77 \text{ Kg}$$

Nilai stabilitas yang tersisa adalah 1014,74 Kg.

Nilai indeks keawetan kedua (a) campuran beraspal dengan variasi kadar Abu Kulit Kerang 0% menunjukkan angka 29,26%.

Data indeks keawetan kedua uji perendaman modifikasi *Marshall* disajikan pada Tabel 20 dan dibuat dalam bentuk grafik seperti Gambar 7.

Tabel 20 Data indeks keawetan kedua perendaman modifikasi *Marshall*
Indeks Keawetan Kedua

Variasi Kadar AKK	a (%)	\bar{S}_a (%)	S_0 (Kg)	A (Kg)	S_a (Kg)
0%	29,26	70,74	1434,47	419,70	1014,77
2%	25,28	74,72	1425,81	360,38	1065,43
4%	31,10	68,90	1594,82	496,06	1098,76
6%	34,12	65,88	1625,16	554,45	1070,71



Gambar 7 Diagram hubungan nilai indeks keawetan kedua pada masing-masing variasi kadar Abu Kulit Kerang

Dari Gambar 7 dapat dilihat nilai keawetan kedua terkecil pada masing-masing variasi kadar abu kulit kerang yaitu pada campuran kadar abu kulit kerang 2%, sedangkan nilai keawetan kedua terbesar pada masing-masing variasi kadar abu kulit kerang yaitu dengan penambahan abu kulit kerang sebagai bahan tambah sebesar 4%. Bertambahnya kadar abu kulit kerang untuk masing-masing kadar abu kulit kerang memberikan nilai IKS naik sampai kadar abu kulit kerang optimum tertentu yaitu penambahan kadar abu kulit kerang 2% dan turun lagi sampai kadar abu kulit kerang 4%. Nilai indeks keawetan kedua pada variasi penambahan kadar abu kulit kerang 2% terendah menunjukkan bahwa pada variasi kadar abu kulit kerang 2% campuran memiliki kestabilan yang paling bagus setelah perendaman, sedangkan nilai indeks keawetan kedua pada variasi kadar pasir 4% campuran memiliki kestabilan yang paling tidak stabil setelah perendaman bila dibandingkan dengan variasi penambahan kadar abu kulit kerang lainnya.

E. KESIMPULAN DAN SARAN

E.1 Kesimpulan

Hasil penelitian dan pembahasan pada bab sebelumnya didapat beberapa kesimpulan, diantaranya:

1. Pada kondisi campuran dengan kadar aspal optimum setelah perendaman 28 hari, variasi penambahan kadar abu kulit kerang 2% memiliki nilai stabilitas tertinggi yaitu 1425,81 kg.
2. Pada kondisi campuran dengan kadar aspal optimum setelah perendaman 28 hari, variasi penambahan kadar abu kulit kerang 2% memiliki nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) tertinggi yaitu 58,36%.
3. Kinerja durabilitas menunjukkan bahwa pada kondisi kadar aspal optimum variasi penambahan kadar

abu kulit kerang 2% memiliki indeks keawetan pertama terkecil sebesar 12,95%.

4. Kinerja durabilitas menunjukkan bahwa pada kondisi kadar aspal optimum variasi penambahan kadar abu kulit kerang 2% memiliki indeks keawetan ke dua terkecil sebesar 25,28%.
5. Penambahan abu kulit kerang tidak boleh lebih dari 2% dari total berat campuran.

E.2 Saran

1. Dapat dilakukan penelitian pengaruh penggunaan abu kulit kerang terhadap durabilitas campuran AC-WC, uji kuat tarik tak langsung (*indirect tensile strength*) dan pengujian lainnya.
2. Penelitian lanjutan mengenai kelayakan campuran terhadap dampak yang ditimbulkan akibat kandungan kimia abu kulit kerang terhadap lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agisman, F. (2018). Penggunaan Abu Kulit Kerang Sebagai Bahan Pengisi(Filler) dalam Campuran Aspal Jenis AC-WC dengan Pengujian *Marshall*.
- Bina Marga. (2010). Seksi 6.3 Spesifikasi Campuran Beraspal Panas pada Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan Edisi 2010. Jakarta : Direktorat Jendral Bina Marga
- Kartina. G. (2014). Pemanfaatan limbah kulit kerang sebagai substitusi pasir dan abu ampas tebu sebagai substitusi semen pada campuran beton mutu K-225. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan* Vol.2 No.3,September 2014. 308-313.
- Pujiwanto, A. (2008). Kinerja campuran ACWC(*Asphalt Concrete Wearing Course*) dengan perbandingan filler semen dan kapur ditinjau dari aspek durabilitas.

- Putra, M. A. (2014). Pemanfaatan kombinasi limbah dan abu ampas tebu dan abu kulit kerang sebagai substitusi semen pada campuran beton mutu K-225 dengan NaCl sebagai rendaman. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan* Vol.2 No.3, September 2014, 413-417.
- Rizki Cahyadi, Rika Sylulang, Elma Yulis (2016). Perbandingan nilai stabilitas penggunaan filler serbuk kulit kerang dengan abu batu pada campuran beton aspal. *Journal*, 2-3.
- Sukirman. (2003). *Beton Aspal Campuran Panas*. Bandung : Nova
- Sukirman. (2007). *Campuran Aspal Panas*. Bandung : Nova
- Syafpotri, N.A., Olivia, M., & Darmayanti, L. (2013). Pemanfaatan abu kulit kerang (*Bathymodiolus Puteospentis*) untuk pembuatan Ekosemen. Pekanbaru : Universitas Riau.
- Ujung, Y. I. (2009). Pengaruh penggunaan cangkang kerang 15% dan 25% sebagai pengganti agregat kasar terhadap campuran aspal.