

ANALISIS KINERJA INDEKS KEKUATAN SISA (IKS) CAMPURAN ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE (AC-WC) DENGAN CANGKANG SAWIT SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUS

Mukhlis¹, Lusyana², Enita Suardi³, Fauna Adibroto⁴

¹ Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Padang
Email: palito_alam@yahoo.com

² Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Padang
Email: lusyana_poli@gmail.com

³ Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Padang
Email: Enitasuardi@yahoo.co.id

⁴ Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Padang
Email: Fauna_Adibroto@yahoo.com

ABSTRAK

Agregat pada campuran *AC-WC* ini terdiri dari bahan batuan alam yang dipecah. Untuk daerah tertentu ketersediaannya terbatas sehingga harus didatangkan dari daerah lain, mengakibatkan relatif tingginya harga campuran beraspal. Untuk mengatasi masalah tersebut diupayakan menggunakan bahan alternatif pengganti agregat. Pengolahan minyak kelapa sawit menghasilkan limbah berupa cangkang sawit. Agar pemanfaatan limbah cangkang sawit dapat dilakukan semaksimal mungkin, maka salah satunya adalah digunakan sebagai substitusi agregat halus dalam suatu campuran *AC-WC*.

Benda uji yang digunakan adalah campuran *AC-WC* dengan menggunakan cangkang sawit sebagai substitusi agregat halus (#2,36 dan #1,18). Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) campuran dilakukan dengan memvariasikan kadar cangkang sawit (CS-0%, CS-5%, CS-10%, CS-15%, CS-20% dan CS-25%). Pengujian Durabilitas campuran dilakukan setelah mendapatkan nilai kadar aspal optimum (KAO) dari pengujian *Marshall*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja durabilitas campuran *AC-WC* dengan cangkang sawit substitusi agregat halus dengan waktu perendaman 24 jam pada suhu 60°C. Untuk melihat kinerja durabilitas campuran digunakan Indeks Kekuatan Sisa (IKS). Dari hasil penelitian diperoleh hasil Indeks Kekuatan Sisa (IKS) akibat perendaman *Marshall* masih berada di atas 75%. Nilai IKS tiap variasi cangkang sawit yaitu 80,12%, 79,78%, 79,11%, 76,25%. Secara keseluruhan campuran dengan cangkang awet terhadap perendaman kecuali campuran CS-20% dan CS-25%.

Keywords : Cangkang Sawit, Indeks Kekuatam Sisa, Durabilitas

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Asphalt Concrete Wearing Course (AC WC) adalah campuran beraspal yang terdiri dari agregat kasar dan agregat halus ditambah filler yang mempunyai gradasi menerus dengan bahan pengikat aspal. Pada umumnya agregat pada campuran *AC WC* ini terdiri dari bahan batuan alam yang dipecah dan pada daerah tertentu ketersediaannya terbatas sehingga harus didatangkan dari daerah lain. Hal ini mengakibatkan relatif tingginya harga dari campuran beraspal tersebut. Sumatera Barat adalah merupakan daerah yang memiliki lahan pertanian dan perkebunan yang luas. Salah satunya adalah berupa perkebunan kelapa sawit yang menghasilkan

minyak sawit dengan limbah berupa cangkang sawit. Limbah cangkang sawit ini mudah dan murah didapat dan merupakan limbah yang cukup besar. Agar pemanfaatan limbah yang dihasilkan dari pengolahan kelapa sawit tersebut (cangkang sawit) dapat dilakukan semaksimal mungkin, maka salah satunya adalah digunakan sebagai pengganti sebagian agregat halus dalam suatu campuran beraspal.

Pada penelitian ini cangkang sawit yang digunakan ukuran 2,36 mm dan 1,18 mm yang akan ditambahkan (substitusi) kedalam agregat halus yaitu pada kadar 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% dari berat agregat halus.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis Indeks Durabilitas campuran

aspal AC-WC dengan menggunakan cangkang sawit sebagai substitusi agregat halus CS-5%, CS-10%, CS-15%, CS-20% dan CS-25% dengan pengujian Indeks Kekuatan Sisa (IKS).

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Cangkang Sawit

Cangkang kelapa sawit mempunyai struktur kulit yang sangat tebal dan keras serta banyak mengandung zat kersik (SiO₂). Silika dioksida ini dapat meningkatkan kekuatan tekan campuran beraspal karena dapat mengurangi susut dan meningkatkan daya tahan terhadap keretakan. Selain itu pori-pori cangkang kelapa sawit lebih rapat sehingga lebih kaku dan padat. Cangkang sawit mempunyai ketebalan yang berbeda-beda, dari ukuran tersebut maka cangkang sawit dapat dibagi atas beberapa tipe. (F. Elsa Putra, 2003).

2.2. Agregat

Agregat adalah material berbutir yang bersifat keras dan kompak, merupakan kombinasi seluruh atau sebagian dari bahan - bahan berupa batu bulat (*gravel*), batu pecah, abu batu dan pasir yang digunakan untuk membentuk suatu kombinasi ikatan yang seimbang diantara pembentuk campuran beraspal, mortar atau beton. Agregat/batuan didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan penyal (*solid*). ASTM (1974) mendefinisikan batuan sebagai suatu bahan yang terdiri dari material padat, berupa massa berukuran besar atau fragmen - fragmen. Agregat adalah material berbutir yang keras dan kompak, dengan ukuran dan bentuk yang beragam. Istilah agregat mencakup antara lain batu bulat, batu pecah, abu batu dan pasir. Agregat merupakan bahan penyusun perkerasan jalan yang paling dominan (75% - 85% dari volume campuran).

2.3. Aspal

Fungsi aspal dalam campuran adalah menyelimuti agregat pada waktu pencampuran, sebagai pelumas dalam proses penghamparan sehingga mudah dipadatkan, kemudian pada masa pelayanan berfungsi sebagai bahan pengikat yang bersifat *visco-elastic* pada campuran beraspal. Saat pencampuran, aspal harus cukup encer

agar dapat menyelimuti agregat dengan cepat dan homogen. Masa pencampuran yang lama dan suhu pencampuran yang terlalu tinggi dapat merubah sifat aspal dan menurunkan mutu campuran. Sifat aspal dinyatakan dalam kekentalan (*viscosity*), namun pada tahap pelayanan lalu lintas aspal berperilaku sebagai material *visco-elastic* dan sifat - sifatnya dinyatakan dalam nilai modulus kekakuannya (*Shell Bitumen*, 1990). Viskositas adalah karakteristik dasar yang menyatakan perilaku material pada suatu temperatur dalam suatu rentang temperatur.

2.4. Lapisan Aspal Beton (AC)

Asphalt Concrete adalah salah satu jenis bahan lapis keras lentur yang merupakan campuran agregat bergaradasi menerus (*well graded*) dengan menggunakan bahan perekat aspal dengan proporsi bahan susun tertentu.. Agregat dan aspal dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu (Bina Marga, 1987). Kerbs, et al (tanpa tahun) menyebutkan bahwa beton aspal merupakan campuran panas yang biasa disebut *asphaltic concrete, dense graded bituminous mix* yang diproses dengan cara menambahkan aspal keras pada temperatur yang biasanya tidak melebihi 275⁰F (135⁰C) pada agregat yang telah dipanaskan pada temperatur minimal 225⁰F (107⁰C). Temperatur yang tinggi memungkinkan akan tercapainya ketepatan dalam pencampuran agregat dan ketepatan dalam pemadatan. Pemanasan yang berlebihan pada aspal keras akan merusak aspal karena perubahan kimiawi yang terjadi akan mereduksi daktalitas dan kohesifitas.

Struktur agregat yang saling mengunci (*Interlocking*) dalam campuran AC, menghasilkan geseran internal yang tinggi dan saling melekat bersama oleh lapis tipis aspal perekat diantara butiran agregat sehingga di peroleh kekuatan perkerasan beton aspal tetapi campuran laston cukup peka terhadap terhadap variasi kadar aspal dan perubahan gradasi agregat karena beton aspal memiliki sifat stabilitas tinggi dan relatif kaku, yaitu tahan terhadap pelelehan plastis namun cenderung peka terhadap retak.

2.5. Indek Kekuatan Sisa (IKS)

Indek Kekuatan sisa merupakan perbandingan antara stabilitas benda uji setelah preindaman 24 jam dan stabilitas

benda uji setelah perendaman 30 menit yang dinyatakan dalam persen. Nilai Indeks Kukuatan Sisa (IKS) menunjukkan kepekaan kekuatan beton aspal yang dinyatakan dengan nilai stabilitas akibat penurunan kekuatan benda uji akibat kerusakan oleh air.

3. Metodologi Penelitian

3.1. Benda Uji

Penelitian yang dilakukan adalah penelitian *eksperimental* di Laboratorium

Material Jalan, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Padang, dengan variasi Cangkang yaitu 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% untuk variasi kadar aspal yaitu 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7%. Pembuatan benda uji dilakukan dengan penumbukan 2x75 tumbukan.

Jumlah benda uji untuk penentuan Kadar Aspal Optimum dan Kekuatan Sisa (IKS) sesuai pada Tabel.1.

Tabel.1 Jumlah Benda Uji KAO dan IKS

Penguujian	Jumlah Benda uji						Total Benda Uji
	CS-0	CS-5	CS-10	CS-15	CS-20	CS-25	
Marshall	15	15	15	15	15	15	90
Perendaman 30 Menit	3	3	3	3	3	3	18
Perendaman 24 Jam	3	3	3	3	3	3	18

3.2. Pengujian Bahan Campuran

Bahan campuran beton Aspal yaitu Aspal penetrasi 60/70, Cangkang dan Agregat yang akan diuji berupa agregat kasar, agregat halus dan filler. Sebelum pembuatan benda uji, bahan-bahan tersebut diuji dengan mengacu kepada Standar Nasional Indonesia (SNI).

3.3. Pengujian Kadar Aspal Optimum (KAO)

Pengujian Marshall dilakukan terhadap benda uji dengan menggunakan gradasi untuk campuran AC-WC sesuai spesifikasi Divisi 6 tahun 2010 Departemen Pekerjaan Umum. Parameter yang dihasilkan dari pengujian marshall yaitu Stabilitas, flow, MQ, VIM, VMA dan VFA. Parameter ini digunakan untuk memperoleh nilai KAO dengan menggunakan metode *Barchart*

3.4. Pengujian Perendaman Marshall

Untuk mendapatkan nilai IKS dilakukan dengan pengujian perendaman *Marshall* bertujuan untuk menentukan ketahanan/stabilitas dan kelelahan plastis (*flow*) dari campuran aspal.

Pengujian terhadap sifat benda uji (stabilitas dan *flow*) ini dibagi dalam 2 kelompok yaitu perendaman standar (30 menit) dan perendaman selama 24 jam.

Dari nilai stabilitas Marshall yang diperoleh, dapat ditemukan Indeks Kekuatan Sisa (IKS) *Marshall* dengan persamaan :

$$IKS = \frac{M1}{M2} \times 100$$

Dimana :

M1 = Rata-rata nilai stabilitas Marshall setelah perendaman selama 30 menit

M2 = Rata-rata nilai stabilitas Marshall setelah perendaman selama 24 Jam

IKS = Indeks Kekuatan Sisa

Indeks Kekuatan Sisa (IKS) sebesar 75% merupakan nilai minimum yang disyaratkan terhadap kerusakan yang ditimbulkan oleh pengaruh air

Bahan campuran berupa cangkang Aspal Minyak penetrasi 60/70 dan Agregat yang akan diuji berupa agregat kasar, agregat halus dan filler. Sebelum pembuatan benda uji, bahan-bahan tersebut diuji dengan mengacu kepada Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3 Divisi 6.

Tabel 1. Speksifikasi Untuk Aspal Keras

No.	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Tipe I Aspal Pen 60-70
1.	Visikositas Dinamis 60 °C (Pa.s)	SNI 06-6441-2000	160-240
2.	Visikositas Kinematis 135°C (cSt)	SNI 06-6441-2000	≥ 300
3.	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48
4.	Daktilitas pada 25 °C (cm)	SNI 2434:2011	≥ 100
5.	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 232
6.	Kelarutan dalam Trichloroethylene (%)	AASHTO T44-03	≥ 99
7.	Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥ 1,0

Tabel 2. Speksifikasi Untuk Agregat

Pengujian	Standar	Nilai
Kekekalan Bentuk Agregat Terhadap Larutan	Natrium Sulfat SNI	Maks. 12 %
	Magnesium Sulfat SNI 3407:2008	Maks. 18 %
Abrasi dengan Mesin Los Angeles	Campuran AC Modifikasi putaran 100	Maks. 6 %
	Semua Jenis Campuran putaran 500	Maks. 30 %
Aspal Bergradasi Lainnya	SNI 2417:2008	Maks. 8 %
	500 putaran	Maks. 40 %
Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	SNI 2439:2011	Min. 95 %
Butir Pecah pada Agregat Kasar	SNI 7619:2012	95/90
Partikel Pipih dan Lonjong	ASTM D4791 Perbandingan 1:5	Maks. 10 %
Material Lolos Ayakan No. 200	SNI 03-4142-1996	Maks. 2 %

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pemeriksaan Agregat, Aspal Minyak pen 60/70, dan Cangkang

Tabel 3 sampai dengan Tabel 6 berikut menunjukkan hasil pengujian karakteristik agregat dan Cangkang . Tabel 7 menunjukkan hasil pengujian Aspal Pen 60/70

Tabel 3. Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Karakteristik	Hasil
1.	Berat Jenis Bulk	

a.	Saringan 12,5 mm ; gr/cc	2,600
b.	Saringan 9,5 mm ; gr/cc	2,491
c.	Saringan 4,75 mm ; gr/cc	2,451
2.	Berat Jenis SSD	
a.	Saringan 12,5 mm ; gr/cc	2,653
b.	Saringan 9,5 mm ; gr/cc	2,550
c.	Saringan 4,75 mm ; gr/cc	2,525
3.	Berat Jenis Semu	
a.	Saringan 12,5 mm ; gr/cc	2,746
b.	Saringan 9,5 mm ; gr/cc	2,647
c.	Saringan 4,75 mm ; gr/cc	2,645
4.	Los Angeles ; %	26,18
5.	AIV (Aggregate Impact Value) ; %	14,30
6.	ACV (Aggregate Crushing Value) ; %	21,58

Tabel 4. Hasil Pengujian Agregat Halus

No	Karakteristik	Hasil
1.	Berat Jenis Bulk	
a.	Saringan 2,36 mm ; gr/cc	2,393
b.	Saringan 1,18 mm ; gr/cc	2,326
c.	Saringan 0,6 mm ; gr/cc	2,598
d.	Saringan 0,3 mm ; gr/cc	2,567
e.	Saringan 0,15 mm ; gr/cc	2,639
f.	Saringan 0,075 mm ; gr/cc	2,585
2.	Berat Jenis SSD	
a.	Saringan 2,36 mm ; gr/cc	2,496
b.	Saringan 1,18 mm ; gr/cc	2,424
c.	Saringan 0,6 mm ; gr/cc	2,660
d.	Saringan 0,3 mm ; t/m ³	2,567
e.	Saringan 0,15 mm ; gr/cc	2,639
f.	Saringan 0,075 mm ; gr/cc	2,585
3.	Berat Jenis Semu	
a.	Saringan 2,36 mm ; gr/cc	2,667
b.	Saringan 1,18 mm ; gr/cc	2,577
c.	Saringan 0,6 mm ; gr/cc	2,769
d.	Saringan 0,3 mm ; gr/cc	2,567
e.	Saringan 0,15 mm ; gr/cc	2,639
f.	Saringan 0,075 mm ; gr/cc	2,585

Tabel 5. Hasil Pengujian Filler

No	Karakteristik	Hasil
1.	Berat Jenis ; t/m ³	2,609

Tabel 6. Hasil Pengujian Cangkang Kelapa Sawit

No	Karakteristik	Hasil
1.	Berat Jenis	
	a. Saringan 2,36 mm ;t/m ³	1,112
	b. Saringan 1,18 mm ;t/m ³	1,112
2.	Los Angeles ; %	3,3
3.	AIV (Agregat Impact Value) ; %	4,83
4.	ACV (Agregat Crushing Value) ; %	3,24

Sumber: Hasil Pengujian dan perhitungan Lab. Material Jalan Politeknik Negeri Padang

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa agregat yang digunakan telah memenuhi spesifikasi yang disyaratkan Bina Marga 2010 Revisi 3 Divisi 6.

Tabel 7. Hasil Pengujian Aspal

No	Karakteristik	Hasil
1.	Berat Jenis ;t/m ³	1,045
2.	Penetrasi ; mm	60
3.	Daktilitas ; cm	130
4.	Titik Lembek ; °C	48
5.	Titik Nyala dan Titik Bakar ; °C	310 & 318
6.	Viskositas ; cm ² /detik	148 dan 156
7.	Kehilangan Berat ; %	0,235

Sumber: Hasil Pengujian dan perhitungan Lab. Material Jalan Politeknik Negeri Padang

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa aspal pen 60/70 yang digunakan telah memenuhi spesifikasi yang disyaratkan Bina Marga 2010 Revisi 3 Divisi 6.

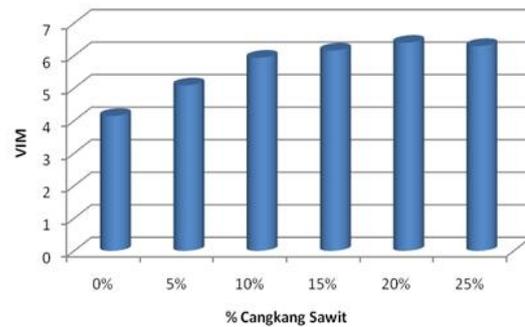
4.2 Penentuan Kadar Aspal Optimum

Hasil dari pengujian parameter aspal dan marshall selanjutnya digunakan dalam penentuan Kadar Aspal Optimum.

Hasil dari pengujian Marshall di dapat nilai KAO dari tiap variasi substitusi cangkang. Pada CS-0% di dapat KAO 5,85% pada CS-5% didapat KAO 6,4% pada CS-10% di dapat KAO 6,55% pada CS-15% di dapat KAO 6,75 untuk CS-20% dan CS-25% nilai KAO tidak didapatkan karena parameter marshall tidak memenuhi syarat yang ada.

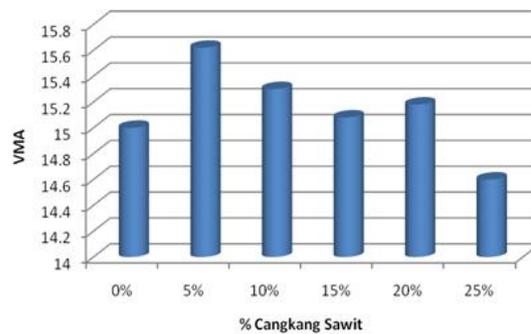
Setelah di dapat nilai KAO tiap variasi cangkang dibuatkan benda uji untuk pengujian perendaman standar 30 menit dan 24 jam.

4.3 Hasil Pengujian Karakteristik Marshall dengan Variasi Cangkang



Gambar 1. Grafik Hubungan VIM (%) dengan Variasi Cangkang (%)

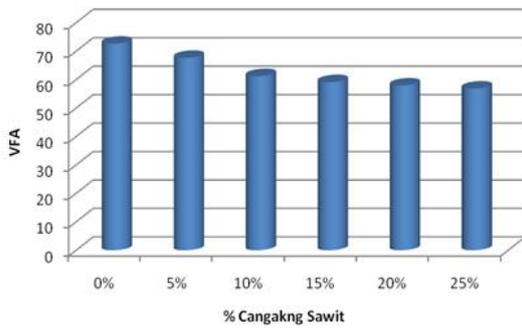
Hasil menunjukkan bahwa semakin besar penambahan Cangkang maka semakin meningkat nilai VIM dikarenakan volume cangkang semakin besar sehingga membuat volume rongga yang ada semakin besar.



Gambar 2. Grafik Hubungan VMA (%) dengan Variasi Cangkang (%)

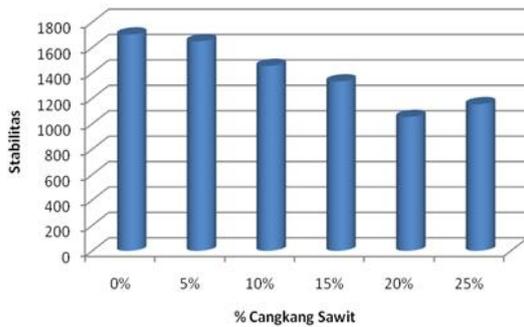
Hasil menunjukkan nilai VMA semakin menurun dikarenakan semakin besar penambahan Cangkang maka semakin kecil rongga yang terdapat diantara butir-butir agregat.

Gambar 3. Menunjukkan penambahan Cangkang menurunkan nilai VFA dikarenakan rongga tidak di isi oleh aspal tetapi aspal diserap oleh cangkang ini juga ditunjukkan dengan VMA semakin menurun sehingga rongga yang terisi aspal semakin kecil dan lebih cenderung tetap.

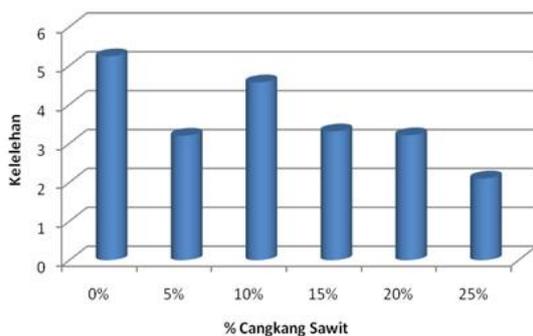


Gambar 3. Grafik Hubungan VFA (%) dengan Variasi Cangkang (%)

Gambar 4. menunjukkan nilai stabilitas pada penambahan Cangkang semakin menurun hal itu dikarenakan semakin besar jumlah cangkang maka aspal semakin besar di serap oleh cangkang ini membuat ketahanan atau kekuatan campuran semakin rendah.

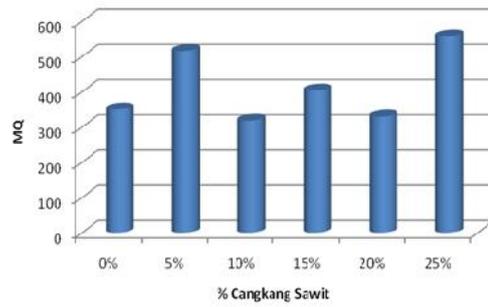


Gambar 4. Grafik Hubungan Stabilitas (Kg) dengan Variasi Cangkang (%)



Gambar 5. Grafik Hubungan Flow (mm) dengan Variasi Cangkang (%)

Hasil menunjukkan penambahan Cangkang membuat nilai Flow semakin menurun dikarenakan aspal diserap oleh cangkang menyebabkan campuran menjadi lebih getas.

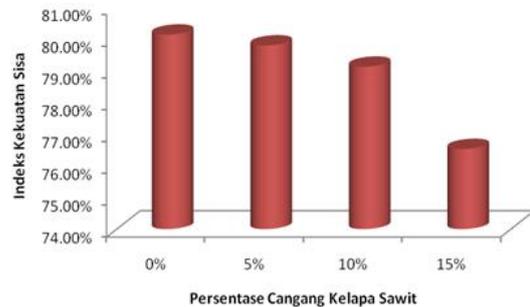


Gambar 6. Grafik Hubungan MQ (Kg/mm) dengan Variasi Cangkang (%)

Hasil menunjukkan semakin tinggi kadar aspal maka nilai MQ semakin rendah karena nilai stabilitas menjadi turun namun nilai kelelahan menjadi naik. Terlihat bahwa MQ meningkat seiring dengan penambahan cangkang kelapa sawit.

4.3. Hasil Pengujian Indeks Kekuatan Sisa (IKS)

Pengujian perendaman marshall (*marshall immersion*) merupakan pengujian untuk mengetahui durabilitas campuran beraspal. Dalam pengujian ini, campuran diukur kinerja ketahanannya pada air panas dengan temperatur 60°C selama 30 menit dan 24 jam. Hal ini mengidentifikasi bahwa campuran tersebut cukup rentan terhadap pengaruh air dan temperatur. Nilai ini dinyatakan dengan nilai stabilitas sisa yang menunjukkan perilaku kelekatan antar butir – butir agregat dengan aspal didalam campuran.



Gambar 7. Grafik Hubungan IKS (%) dengan Variasi Cangkang (%)

Hasil menunjukkan campuran beraspal setelah perendaman mengalami penurunan stabilitas, dimana stabilitas setelah perendaman cenderung menurun seiring dengan penambahan cangkang kelapa sawit.

Dari **Gambar 6.** dapat dilihat bahwa indeks kekuatan sisa tertinggi terdapat pada campuran 0% dengan nilai 80,12% dan nilai terendahnya pada campuran 15% yaitu 76,52%. Hasil ini secara keseluruhan menunjukkan bahwa dengan penambahan cangkang sawit campuran tersebut masih memenuhi persyaratan minimum Spesifikasi Teknis Bina Marga 2010 Revisi 3 yaitu 75%.

5. Kesimpulan

1. Campuran dengan cangkang sawit 5% memberikan kinerja yang lebih baik dibanding dengan cangkang sawit (10%, 15%, 20% dan 25%), ini ditunjukkan dengan hasil stabilitas yang lebih tinggi (1648,8) dan indeks perendaman yang lebih tinggi (79,78) dibandingkan dengan campuran cangkang sawit yang lain. Walaupun nilai campuran ini stabilitasnya lebih rendah 3.12% terhadap campuran tanpa cangkang (0%) dan Nilai Indeks Kekuatan Marshall Sisa 0,42% lebih rendah dari campuran tanpa cangkang sawit (0%), namun campuran tersebut masih memenuhi spesifikasi
2. Dari hasil pengujian didapatkan dengan penambahan cangkang sawit sebagai pengganti agregat halus pada campuran AC-WC akan meningkatkan kadar aspal optimum (KAO), yaitu pada campuran cangkang 0% KAO 5,85%, campuran 5% KAO 6,4%, campuran 10% KAO 6,55%, dan campuran 15% KAO 6,75%, Ini menunjukkan bahwa campuran dengan cangkang kelapa sawit membutuhkan kadar aspal yang tinggi untuk memenuhi karakteristik volumetrik campuran dan Marshall.

6.Saran

1. Perlu pengujian lebih lanjut dengan menggunakan alat *Modulus Reslient*, *Wheel Tracking* dan *Dartec* untuk mengetahui pengaruh aspal modifikasi cangkang kelapa sawit dalam campuran terhadap deformasi permanen dan retak yang ditimbulkan akibat beban berulang.
2. Perlu penelitian dengan menggunakan jenis campuran yang berbeda (HRS dan AC-Base).

Daftar Pustaka

- Silvia Sukirman, 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*, Yayasan Obor Indonesia.
- Carlina, Serli, 2013, *Pengaruh Variasi Temperatur Pematatan Terhadap Nilai Stabilitas Marshall Pada Laston AC-WC*,
- F. Elsa Putra, 2003, *Penggunaan Cangkang Sawit sebagai Campuran Beton*, Lab. Material dan Struktur, FT .Universitas Andalas, Sumatera Barat.
- Sherly L. Hendarsin, 2000, *Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya*, Bandung, Politeknik Negeri Bandung.
- Mukhlis dkk, 2015, *Pengaruh Modifikasi Aspal dengan Abu Cangkang Sawit Terhadap Kinerja Campuran Beton Aspal Lapis Aus (Ac-Wc)*, Padang, Politeknik Negeri Padang.
- Syaifullah Ali, 2009, *Karakteristik Marshall Campuran Hot Rolled Sheet (HRS) yang Mengandung Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Agregat Kasar*, Padang, Politeknik Negeri Padang.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2010, *Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6 Perkerasan Aspal*.
- Miftahul Fauziah dan Henri Febriansyah, 2013, *Pemanfaatan Limbah Cangkang Kelapa Sawit Untuk Meningkatkan Kekuatan dan Keawetan Campuran Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)*, Yogyakarta, Universitas Islam Indonesia.
- Rian Putrowijoyo, 2006, *Kajian Laboratorium Sifat Marshall dan Durabilitas Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC) dengan Membandingkan Penggunaan Antara Semen Portland dan Abu Batu Sebagai Fille*. Semarang, Universitas Diponegoro.