

**PENGARUH PENGGUNAAN ABU CANGKANG KELAPA SAWIT
TERHADAP STABILITAS MARSHALL PADA CAMPURAN LAPIS
ASPAL BETON AC-BC (ASPHALT CONCRETE - BINDER COURSE)**

***Influence of Palm Shell Ash Incorporation on Marshall Stability Characteristics
of Asphalt Concrete–Binder Course (AC-BC)***

**Hermon Frederik Tambunan¹, Feny Fitratuz Zahro²,
Bernaditha Catur Marina³**

^{1,2,3}Institut Teknologi Sumatera

Email : hermon.tambunan@si.itera.ac.id

Abstract

Utilization of palm oil waste can be used as a road pavement material. In this study, the waste used in the form of palm oil shell ash. Availability of palm shell ash which is quite a lot is expected to provide better performance as a filler for mixture of asphalt concrete binder course (AC-BC). This study was conducted to determine the effect of the use of oil palm shell ash on marshall stability in laston AC-BC. Determination of the value of the Optimum Asphalt Content of the mixture was carried out by varying the content of the oil palm shell ash filler, namely 0%, 20%, 30%, 40%, 50% and 60%. Furthermore, the durability test or immersion by varying the temperature 25°C and 60°C with immersion time 4 hours, 24 hours and 48 hours. The result of this study obtained KAO values based on filler variations, namely 0% shell ash 5,6%, 20% shell ash 5,7%, 30% shell ash 5,725%, 50% shell ash 6%, and 60% shell ash 6,1%. The optimum stability was obtained at 1297,57kg at 40% filler variation of oil palm shell ash. Furthermore, the results of the durability test of the asphalt mixture obtained that the Residual Stability Index value at 0% filler variation with an immersion temperature of 25°C was 93,176%, then at an immersion temperature of 60°C was 90,390%. While at 40% filler variation the value of the Residual Stability Index obtained with an immersion temperature of 60°C is 93,965%. This overall shows that the use of oil palm shell ash in asphalt mixtures still meets the minimum requirements of Bina Marga 2018 which is 90%.

Keywords: AC-BC, filler, marshall characteristic, KAO

Abstrak

Pemanfaatan limbah kelapa sawit dapat digunakan sebagai material perkerasan jalan. Pada penelitian ini, limbah yang digunakan berupa abu cangkang kelapa sawit. Ketersediaan abu cangkang kelapa sawit yang cukup banyak diharapkan dapat memberikan kinerja yang lebih baik sebagai bahan pengisi (filler) campuran lapisan aspal beton AC-BC. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan abu cangkang kelapa sawit terhadap stabilitas marshall pada laston AC-BC. Penentuan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) campuran dilakukan dengan memvariasikan kadar filler abu cangkang kelapa sawit yaitu 0%, 20%, 30%, 40%, 50%, dan 60%. Selanjutnya melakukan uji durabilitas atau perendaman dengan memvariasikan suhu 25°C dan 60°C serta waktu perendaman 4 jam, 24 jam dan 48 jam. Hasil penelitian diperoleh nilai KAO berdasarkan variasi filler yaitu 0% abu cangkang sebesar 5,6%, 20% abu cangkang sebesar

5,7%, 30% abu cangkang sebesar 5,725%, 40% abu cangkang sebesar 5,75%, 50% abu cangkang sebesar 6%, dan 60% abu cangkang sebesar 6,1%. Nilai stabilitas terbaik diperoleh sebesar 1297,57 kg pada variasi filler 40% abu cangkang kelapa sawit. Selain itu, hasil pengujian durabilitas campuran aspal diperoleh nilai Indeks Stabilitas Sisa pada variasi filler 0% dengan suhu rendaman 25°C adalah 93,176% kemudian pada suhu rendaman 60°C adalah 90,390%. Sedangkan pada variasi filler 40% nilai Indeks Stabilitas Sisa yang didapat dengan suhu rendaman 25°C sebesar 96,511% dan pada suhurendaman 60°C sebesar 93,965%. Hal ini secara keseluruhan menunjukkan bahwa penggunaan abu cangkang kelapa sawit pada campuran aspal masih memenuhi syarat minimum Bina Marga 2018 yaitu 90%.

Kata kunci: AC-BC, filler, abu cangkang

PENDAHULUAN

Wilayah provinsi Lampung merupakan salah satu penghasil terbesar kelapa sawit, maka dari itu tidak bisa dipungkiri jika pengolahan kelapa sawit sendiri menghasilkan banyak limbah padat dan masih belum banyak upaya yang dilakukan untuk memanfaatkan limbah yang dihasilkan selama pengolahan kelapa sawit. Berdasarkan data Kementerian Pertanian, di Provinsi Lampung tersebar di empat daerah utama industri kelapa sawit.

Berdasarkan data dari Kementerian Pertanian Kabupaten Way Kanan merupakan salah satu daerah utama industri kelapa sawit, dari hasil pengolahan minyak kelapa sawit di pabrik dapat menghasilkan limbah cangkang yang cukup banyak dan masih belum dimanfaatkan secara optimal. Limbah cangkang ini memiliki tekstur yang keras dan merupakan bagian terdalam dari buah kelapa sawit. Oleh karena itu, pada saat pengolahan buah kelapa sawit cangkangnya ini tidak dapat diolah menjadi minyak tetapi hanya menjadi limbah saja atau buangan pabrik karena sebagian besar pabrik pengolahan kelapa sawit di Way Kanan hanya sebatas pada pengolahan minyak kelapa sawit saja. Sehingga dilihat dari banyak manfaat yang dapat diambil dan jumlah yang cukup banyak, maka digunakanlah abu cangkang kelapa sawit pada penelitian ini.

Abu cangkang kelapa sawit memiliki kandungan silikon dioksida (SiO_2) yang juga terkandung pada semen portland, sehingga dengan kandungan tersebut dapat memungkinkan didapatkannya campuran aspal yang memiliki kinerja yang lebih baik khususnya pada lapis AC-BC.

Dari pembahasan diatas, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan limbah abu cangkang kelapa sawit dan semen Portland terhadap karakteristik Marshall campuran aspal beton AC-BC. Penelitian ini diharapkan agar nantinya abu cangkang kelapa sawit ini dapat digunakan sebagai bahan pengisi campuran aspal laston AC-BC sehingga akan memiliki kinerja yang lebih baik.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan abu cangkang kelapa sawit terhadap stabilitas marshall pada laston AC-BC. Penentuan nilai KAO campuran yaitu 0%, 20%, 30%, 40%, 50% dan 60% terhadap variasi kadar filler abu cangkang kelapa sawit dan waktu perendaman untuk uji durabilitas adalah 4 jam, 24 jam dan 48 jam dan variasi suhu 25°C dan 60°C.

METODE

Jenis penelitian yang digunakan adalah: Uji laboratorium, yaitu pengujian material berupa pengujian agregat, pengujian aspal, analisa ayakan, dan uji Marshall. Mengamati hasil uji penelitian laboratorium lalu mengolah hasil yang didapat dengan data penunjang lainnya.

Pengumpulan data sekunder diperoleh dari studi pustaka tentang perencanaan campuran beraspal, catatan kuliah, pedoman yang digunakan seperti AASHTO 1980, Bina Marga 30 Edisi 2018 Divisi 6, Standard Nasional Indonesia (SNI) serta literatur penelitian yang relevan seperti penelitian terdahulu mengenai pencampuran aspal dijadikan bahan tambah atau filler abu cangkang kelapa sawit. Pengumpulan data primer diperoleh dari data yang dikumpulkan secara individu dan secara langsung dilapangan yang mengacu pada pedoman yang telah ada, meliputi pengujian aspal, pengujian agregat, perencanaan campuran, pembuatan sampel dan pengujian hasil parameter Marshall.

Metode analisis data yang dikerjakan didapatkan dari pengujian yang dikelompokkan, ditabelkan, dijabarkan, dan dianalisa. Pengelompokan data yang dianalisis dan dibahas berupa: (1) Pemeriksaan material, harus sesuai dengan persyaratan pada pedoman; (2) Penentuan proporsi agregat campuran dan kadar aspal, diplotkan dalam grafik; (3) Pengujian Marshall, didapatkan nilai stabilitas, kelelahan, kepadatan, WMA, VIM, MQ.

Perencanaan Campuran Benda Uji dan Jumlah Benda Uji

Kebutuhan benda uji untuk menentukan KAO dengan filler semen portland dan abu cangkang kelapa sawit laston lapis AC-BC sesuai pada tabel berikut

Abu Cangkang Kelapa Sawit (%)		Kadar Aspal (%)	Jumlah Benda Uji	Total Benda Uji
0	(-1%, -0,5%, Pb, +0,5%, 1%)	3	15	
20		3	15	
30		3	15	
40		3	15	
50		3	15	
60		3	15	
Jumlah			90	
KAO Optimum		3		
		3	9	
		3		
Jumlah Total			99	

Kebutuhan Sampel pada Pengujian IRS 0% abu cangkang (lama rendaman 4 jam, 24 jam, dan 48 jam pada suhu 25°C dan 60°C) sesuai pada tabel berikut

Waktu Perendaman	Jumlah Benda Uji (Lama Rendaman 25°C)	Jumlah Benda Uji (Lama Rendaman 60°C)
4 jam	2	2
24 jam	2	2
48 jam	2	2
	6	6
Total	12	

Kebutuhan Sampel pada Pengujian IRS 40% abu cangkang (lama rendaman 4 jam, 24 jam, dan 48 jam pada suhu 25°C dan 60°C) sesuai pada tabel

berikut

Waktu Perendaman	Jumlah Benda Uji (Lama Rendaman 25°C)	Jumlah Benda Uji (Lama Rendaman 60°C)
4 jam	2	2
24 jam	2	2
48 jam	2	2
	6	6
Total	12	

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Material

a. Pengujian Aspal

Hasil pengujian sifat fisik aspal shell pen 60/70 meliputi pengujian berat jenis aspal, penetrasi, titik lembek, kehilangan berat, dan daktilitas dapat dilihat pada tabel berikut

Jenis Pengujian Aspal	Hasil	Syarat	Capaian
Penetrasi 25 (mm)	61,97	60-70	Memenuhi
Berat Jenis	1,036	≥ 1	Memenuhi
Titik Lembek (°C)	49	≥ 48	Memenuhi
Daktilitas (cm)	110,6	≥ 100	Memenuhi
Titik Nyala (°C)	324	≥ 232	Memenuhi

b. Pengujian Aspal

Hasil pengujian agregat bertujuan untuk mengetahui sifat fisik atau karakteristik agregat, pengujian dilakukan terhadap agregat kasar dan agregat halus yaitu pengujian gradasi agregat, berat jenis dan penyerapan agregat halus dan kasar, indeks kepipihan dan kelongongan, serta nilai keausan (abrasi). Hasil pengujian agregat terdapat pada tabel berikut

Pengujian	Hasil		Syarat	Capaian
	Agregat Kasar	Agregat Halus		
Tes Abrasi (%)	17,27 %		Maks 40%	Memenuhi
Indeks kepipihan dan kelongongan (%)	13,62 %		Maks 25%	Memenuhi
Berat Jenis				
1. Bulk	2,63	2,642	Min. 2,5%	Memenuhi
2. SSD	2,67	2,656	Min. 2,5%	Memenuhi
3. Apparent	2,72	2,75	Min. 2,5%	Memenuhi
4. % Penyerapan	2,25	1,1	Maks 3% (agregat kasar)	Memenuhi
			Maks 5% (agregat halus)	Memenuhi

c. Pengujian Filler

Hasil pengujian filler ditampilkan pada tabel berikut, dari hasil pengujian aspal, agregat dan filler menunjukkan bahwa material yang digunakan telah memenuhi syarat spesifikasi umum Bina Marga 2018

Jenis Pengujian Filler	Hasil	Syarat	Capaian
BJ Semen Portland	3,15	SNI 03-2460-1991	Memenuhi

BJ Abu cangkang kelapa
sawit

2,611

-

-

Perhitungan Kadar Aspal (Pb)

Pada penelitian ini penentuan gradasi agregat campuran dengan mengambil batas tengah dari spesifikasi gradasi Laston AC-BC sehingga didapat presentasi gradasi sebesar 60,5% agregat kasar, 33,5% agregat halus dan 6% filler.

Kadar aspal rancangan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

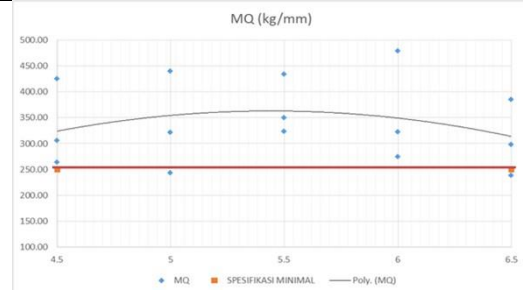
$$\begin{aligned} Pb &= 0,035(\%CA) + 0,045(\%FA) + 0,18(\%FF) + K \\ &= 0,035(60,5\%) + 0,045(33,5\%) + 0,18(6\%) + 0,75 \\ &= 5,455 \% \approx 5,5\% \end{aligned}$$

Dari hasil diatas diambil nilai 5,5% kadar aspal sebagai nilai tengah, kemudian diambil 4 kadar aspal yaitu $\pm 0,5\%$. Sehingga kadar aspal yang digunakan adalah 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5%.

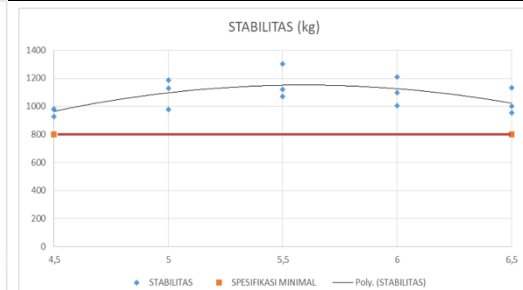
Hasil Pengujian Marshall Campuran Aspal dengan Filler Semen Portland

Hasil pengujian *marshall* campuran aspal dengan filler semen *portland* terdapat pada tabel berikut :

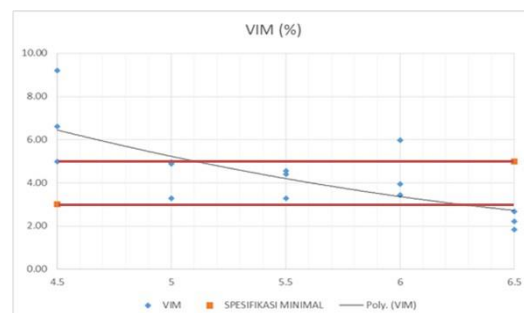
Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VIM (%)	VFA (%)	VMA (%)
4,5	961,97	3,00	332,23	6,91	54,16	15,67
5	1097,61	3,40	335,47	4,36	70,05	14,46
5,5	1164,12	3,17	369,44	4,06	71,61	15,27
6	1105,75	3,28	359,04	4,43	73,69	16,67
6,5	1030,53	3,47	307,51	2,22	86,00	15,81
Spesifikasi	>800	3-5	>250	3-5	>65	>14



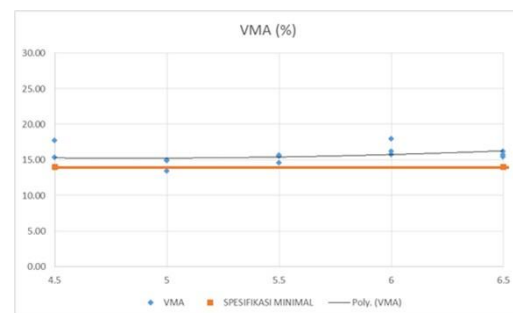
Gambar 1. Grafik hubungan antara kadar aspal dan stabilitas dengan filler semen portland



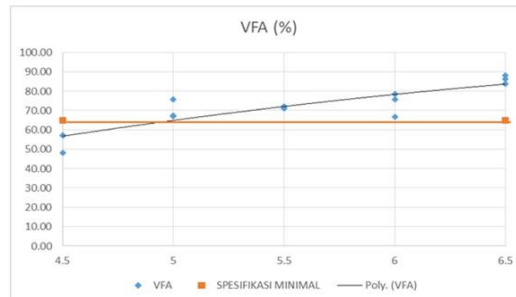
Gambar 2. Grafik hubungan antara kadar aspal dan MQ dengan filler semen portland



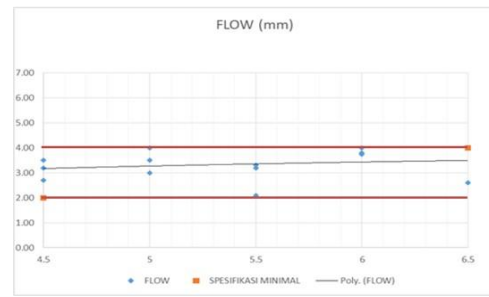
Gambar 3. Grafik hubungan antara kadar aspal dan VIM dengan filler semen portland



Gambar 4. Grafik hubungan antara kadar aspal dan VMA dengan filler semen portland



Gambar 5. Grafik hubungan antara kadar aspal dan VFA dengan filler semen portland



Gambar 6. Grafik hubungan antara kadar aspal dan flow dengan filler semen portland

Penentuan Kadar Aspal Optimum dari Varian Filler 0% Abu Cangkang Kelapa Sawit (Semen Portland)

Dari hasil penelitian yang didapat hasil karakteristik marshall menggunakan semen portland memenuhi persyaratan pada Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 5,65%.

Parameter Marshall	Kadar Aspal															
Stabilitas																
Flow																
MQ																
VIM																
VMA																
VFA																
	4,5														6,0	6,5

KAO 5,65

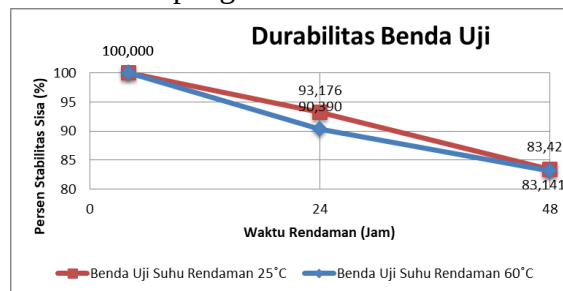
Hasil Pengujian Durabilitas pada Variasi Filler 0% Abu Cangkang Kelapa Sawit (Semen Portland)

Pengujian durabilitas menggunakan nilai KAO yang telah didapat sebelumnya yaitu sebesar 5,65%, hasil pengujian durabilitas dapat dilihat pada tabel berikut :

Sifat Marshall	Kondisi benda uji				Hasil
	Suhu rendaman (°C)	Waktu rendaman (4 jam)	Waktu rendaman (24 jam)	Waktu rendaman (48 jam)	
Stabilitas (kg)	25	2458,98	2291,17	2051,36	
	60	2393,04	2163,06	1989,60	
Persen sisa stabilitas (%)	25	100	93,176	83,423	
	60	100	90,390	83,141	

Indeks Kekuatan Sisa IKS (%)					
Durabilitas Standar IKS (%)	25	93,176			
	60	90,390			
	Syarat minimal				90
Indeks Durabilitas Pertama (IDP)					
Kelandaian r (%)	25	-	0,341	0,406	-
	60	-	0,481	0,302	-
Indeks Durabilitas Kedua (IDK)					
Kehilangan kekuatan selama satu hari a (%)	25	-	4,834	2,438	7,272
	60	-	6,807	1,812	8,619
Kekuatan sisa selama 1 hari Sa (%)	25	100	95,166	92,728	-
	60	100	93,193	91,381	-
A (kg)	25	-	118,861	59,955	178,816
	60	-	162,904	43,364	206,268
SA=So-A (kg)	25	2458,979	2340,117	2280,163	-
	60	2393,041	2230,138	2186,773	-

Berdasarkan hasil pengolahan data yang diperoleh pada suhu rendaman 25°C didapatkan nilai Indeks Kekuatan Sisa sebesar 93,176%. Kemudian, pada suhu rendaman 60°C didapatkan sebesar 90,390%. Sehingga apabila nilai IKS yang didapat semakin besar menunjukkan campuran beraspal semakin awet. Nilai minimal IKS sesuai dengan ketentuan Bina Marga 2018 adalah sebesar 90%, maka campuran beraspal yang diperoleh memenuhi syarat yang tahan terhadap kerusakan yang diakibatkan oleh pengaruh air dan suhu.

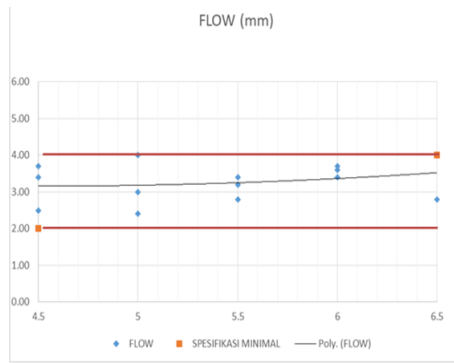


Gambar 7. Kurva keawetan durabilitas benda uji pada variasi abu cangkang 0% (semen portland)

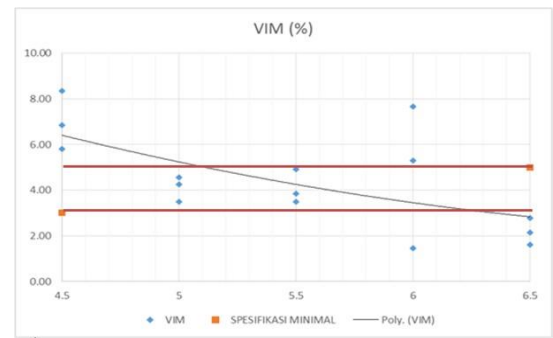
Hasil Pengujian Marshall Campuran Aspal dengan Filler 40% Abu Cangkang Kelapa Sawit

Hasil pengujian marshall campuran aspal dengan filler semen portland tertampil pada tabel berikut :

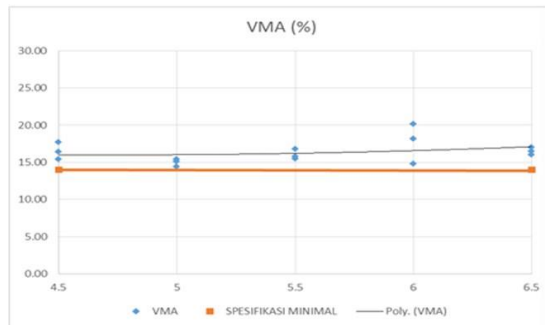
Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VIM (%)	VFA (%)	VMA (%)
4,5	1039,00	3,17	337,43	6,99	54,77	16,54
5	1127,22	3,03	389,54	4,11	72,73	15,03
5,5	1297,57	3,40	392,76	4,08	72,46	16,06
6	1173,28	3,40	345,83	4,80	74,38	17,74
6,5	1153,28	3,50	337,15	2,18	86,86	16,53
Spesifikasi	>800	3-5	>250	3-5	>65	>14



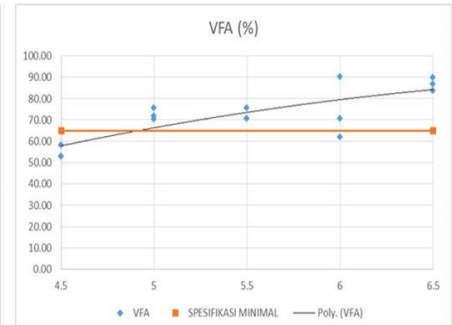
Gambar 10. Grafik hubungan antara kadar aspal dan flow dengan filler 40% abu cangkang



Gambar 11. Grafik hubungan antara kadar aspal dan VIM dengan filler 40% abu cangkang



Gambar 12. Grafik hubungan antara kadar aspal dan VMA dengan filler 40% abu cangkang



Gambar 13. Grafik hubungan antara kadar aspal dan VFA dengan filler 40% abu cangkang

Penentuan Kadar Aspal Optimum dari Varian Filler 40% Abu Cangkang Kelapa Sawit. Dari hasil penelitian yang didapat hasil karakteristik marshall menggunakan semen portland memenuhi persyaratan pada Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 5,75%.

Parameter Marshall	Kadar Aspal														
Stabilitas															
Flow															
MQ															

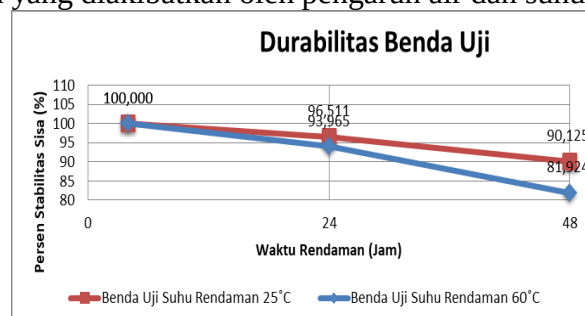
[illegible]

Hasil Pengujian Durabilitas pada Variasi Filler 40% Abu Cangkang

Pengujian durabilitas menggunakan nilai KAO yang telah didapat sebelumnya yaitu sebesar 5,75%, dimana hasil pengujian durabilitas dapat dilihat pada tabel berikut :

Sifat Marshall	Kondisi benda uji				Hasil
	Suhu rendaman (°C)	Waktu rendaman (4 jam)	Waktu rendaman (24 jam)	Waktu rendaman (48 jam)	
Stabilitas (kg)	25	2432,620	2347,744	2192,388	
	60	2383,100	2239,291	1952,342	
Persen sisa stabilitas (%)	25	100	96,511	90,125	
	60	100	93,965	81,924	
Indeks Kekuatan Sisa IKS (%)					
Durabilitas Standar IKS (%)	25				96,511
	60				93,965
Syarat minimal					90
Indeks Durabilitas Pertama (IDP)					
Kelandaian r (%)	25	-	0,174	0,266	-
	60	-	0,302	0,502	-
Indeks Durabilitas Kedua (IDK)					
Kehilangan kekuatan selama satu hari a (%)	25	-	2,471	1,597	4,068
	60	-	4,274	3,010	7,285
Kekuatan sisa selama 1 hari Sa (%)	25	100	97,529	95,932	-
	60	100	95,726	92,715	-
A (kg)	25	-	60,121	38,839	98,960
	60	-	101,864	71,737	173,602
SA=So-A (kg)	25	2432,620	2372,499	2333,660	-
	60	2383,100	2281,235	2209,498	-

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada suhu rendaman 25°C didapatkan nilai indeks stabilitas sisa sebesar 96,511%. Kemudian, pada suhu rendaman 60°C didapatkan nilai Indeks Kekuatan Sisa sebesar 93,965%. Sehingga apabila nilai IKS yang didapat semakin besar menunjukkan campuran beraspal semakin awet. Nilai minimal IKS sesuai dengan ketentuan Bina Marga 2018 adalah sebesar 90%, maka campuran beraspal yang diperoleh memenuhi syarat yang tahan terhadap kerusakan yang diakibatkan oleh pengaruh air dan suhu.



Gambar 14. Kurva keawetan durabilitas benda uji pada variasi filler 40% abu cangkang

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan di Laboratorium mengenai pengaruh penggunaan abu cangkang kelapa sawit terhadap stabilitas Marshall dapat diambil beberapa kesimpulan adalah sebagai berikut:

1. Pada pengujian standard dengan menggunakan 100% semen Portland nilai KAO yang didapat sebesar 5,6%. Nilai stabilitas marshall diperoleh sebesar 1150 kg, flow sebesar 3,23 mm, VIM sebesar 4%, VMA sebesar 15,4%, VFA sebesar 74,7% dan nilai MQ sebesar 355 kg/mm. Hasil ini menunjukkan bahwa semua hasil parameter marshall telah memenuhi persyaratan spesifikasi.
2. Pada pengujian dengan menggunakan lima variasi filler abu cangkang kelapa sawit yaitu 20%, 30%, 40%, 50% dan 60%. Dari hasil pengujian yang dilakukan penggunaan abu cangkang kelapa sawit sebagai filler dapat meningkatkan nilai KAO, pada 20% abu cangkang diperoleh KAO sebesar 5,7%, 30% abu cangkang KAO 5,725%, 40% abu cangkang KAO 5,75%, 50% abu cangkang KAO 6%, dan 60% abu cangkang KAO 6,1%. Berdasarkan hasil dari nilai parameter marshall yang diperoleh maka nilai kadar aspal optimum terbaik diperoleh pada variasi filler 40%. Perbandingan antara nilai-nilai parameter marshall pada variasi filler 0% abu cangkang dengan 40% abu cangkang yaitu untuk nilai stabilitas, flow, VMA, dan VFA setelah dilakukan penambahan 40% abu cangkang mengalami peningkatan, namun untuk nilai VIM setelah dilakukan penambahan 40% abu cangkang mengalami penurunan. Secara keseluruhan nilai stabilitas, flow, VIM, VFA, VMA dan MQ pada variasi 0% dan 40% abu cangkang telah memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2018.
3. Dari hasil pengolahan data yang telah dilakukan didapatkan hasil nilai Indeks Stabilitas Sisa pada variasi filler 0% abu cangkang kelapa sawit pada suhu rendaman 25°C adalah 93,176% kemudian pada suhu perendaman 60°C adalah 90,390%. Sedangkan pada variasi filler 40% abu cangkang kelapa sawit nilai Indeks Stabilitas Sisa yang didapat dengan suhu rendaman 25°C sebesar 96,511% dan pada suhu rendaman 60°C sebesar 93,965%. Hal ini secara keseluruhan menunjukkan bahwa penggunaan abu cangkang kelapa sawit pada campuran aspal masih memenuhi syarat minimum Bina Marga 2018 yaitu 90%.

SARAN

Adapun saran yang dapat disampaikan untuk menyempurnakan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perlu penelitian lebih lanjut mengenai proses perencanaan campuran aspal AC-BC menggunakan gradasi seragam atau rapat dengan menggunakan cangkang kelapa sawit sebagai filler.
2. Untuk penelitian selanjutnya disarankan menggunakan persentase filler yang berbeda.
3. Diperlukan ketelitian saat membaca alat dial stabilitas dan flow Marshall.
4. Diperlukan ketelitian saat menggunakan alat uji di Laboratorium.
5. Untuk proses pembuatan benda uji saat pencampuran dan pemadatan harus diperhatikan karena dapat berpengaruh terhadap nilai karakteristik Marshall.

DAFTAR PUSTAKA

- Azhari, Denny. 2018. "Analisis Pengaruh Penggunaan Crumb Rubber Sebagai Bahan Penambahan Aspal Dengan Filler Abu Cangkang Sawit Untuk Campuran Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC)." *Biomass Chem Eng* 3(2): 114.
- Carlina, Serli, 2013, Pengaruh Variasi Temperatur Pemadatan Terhadap Nilai Stabilitas Marshall Pada Laston AC-WC. Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Universitas Lampung. Lampung.
- Fajri Munawarah, Sulaiman Ar, Gustina Fitri. 2019. Substitusi Abu Cangkang Sawit Terhadap Kinerja Campuran Beton Aspal Lapis Aus (AC-WC). Politeknik Negeri Lhokseumawe. Banda Aceh.
- Glenn, R. Kemp and Nelson, H. Predoehl, 1981, "A Comparison of Field and Laboratory Environments on Asphalt Durability". *Proceeding Association of Asphalt Paving Technology*, Vol. 50. Pp. 492-537. San Diego, California.
- Kementrian Pekerjaan Umum. 2018. Spesifikasi Umum Jalan Dan Jembatan. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Kurnia, Aztri Yuli, et al. "Pemanfaatan Limbah Cangkang dan Abu Tandan Sawit Terhadap Karakteristik Laston Wearing Course dan Binder Course." *Simposium II UNIID 2017 2.1* (2017): 507-512.
- Miftahul Fauziah, Hendri Febriansyah. 2013. Pemanfaatan Limbah Cangkang Kelapa Sawit untuk Meningkatkan Kekuatan dan Keawetan Campuran Asphlat Concrete Binder Course (AC-BC). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Mukhlis, Lusyana, et al. 2019. Analisis kinerja indeks kekuatan sisa (IKS) campuran Asphalt concrete wearing course (AC-WC) dengan cangkang sawit sebagai substitusi agregat halus. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Nisumanti, S., & Yusuf, M. (2020). Pengaruh Arang Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Pengganti Filler Aspal shell penetrasi 60/70. *Jurnal Tekno Global*, 8(2).
- Nuswantoro, Desriantomy dan Edwin. (2003) Penggunaan Abu Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Tambahan Filler Pada Campuran Aspal Panas Jenis Hot Rolled Sheet (HRS). Universitas Palangka Raya. Palangkaraya. Kalimantan Tengah.
- Oglesby, Clarkson H, Purwo Setianto. 1999. Teknik Jalan Raya. Jakarta Erlangga. 514 hal.