

## **PENGARUH PENAMBAHAN SABUT KELAPA TERHADAP STABILITAS CAMPURAN ASPAL EMULSI DINGIN**

Andhi Lim<sup>1</sup>, Rudy Hermanto<sup>2</sup>, Paravita Sri Wulandari<sup>3</sup>, Harry Patmadjaja<sup>4</sup>

**ABSTRAK** : Di Indonesia penggunaan aspal emulsi sebagai bahan dasar aspal dalam pekerasan lentur masih sangat jarang dijumpai. Hal ini mengakibatkan sedikitnya penelitian tentang aspal emulsi. Untuk itu dibutuhkan penelitian lebih lanjut tentang aspal emulsi. Salah satu hasil alam yang berpotensi dapat digunakan sebagai bahan tambahan pada aspal adalah serabut yang berasal dari buah kelapa. Dalam penelitian ini, sabut kelapa dijadikan sebagai bahan tambahan pada Campuran Aspal Emulsi Dingin (CAED). Sabut kelapa dipotong dan dibersihkan terlebih dahulu sebelum dicampurkan pada CAED. Kadar sabut kelapa yang dipakai berkisar antara 0,50 % - 1,50 % dari total berat aspal dengan panjang berkisar  $\pm 5$  mm. Pengujian awal dilakukan dengan pemeriksaan terhadap material yang akan dipakai dalam membuat benda uji. Pemeriksaan terhadap material dilakukan untuk mengetahui apakah material telah memenuhi spesifikasi apakah dapat digunakan sebagai bahan campuran dalam pembuatan benda uji. Pengujian *Marshall* dilakukan pada CAED dengan sabut kelapa dan tanpa sabut kelapa pada umur 0 hari dan 7 hari. Dari penelitian ini, didapatkan hasil bahwa kadar sabut kelapa optimum yang dapat ditambahkan pada CAED adalah sebesar 0,50 % dari total berat aspal pada umur 7 hari.

**KATA KUNCI** : sabut kelapa, campuran aspal emulsi dingin, stabilitas

### **1. PENDAHULUAN**

Di Indonesia penggunaan aspal emulsi sebagai bahan dasar aspal dalam pekerasan lentur masih sangat jarang dijumpai. Hal ini tidak sebanding dengan perkembangan zaman yang terus membuat kebutuhan terhadap aspal emulsi terus meningkat. Aspal emulsi ini mempunyai sifat fisik yang cair dan viskositas yang rendah (Muliawan, 2011). Dikarenakan sifat fisik tersebut, aspal emulsi dapat langsung dicampurkan dengan agregat tanpa perlu dipanaskan terlebih dahulu. Salah satu hasil alam yang berpotensi dapat digunakan sebagai bahan tambahan pada aspal adalah serabut yang berasal dari buah kelapa. Di Indonesia banyak sekali terdapat sisa kulit kelapa. Akan tetapi sisa kulit dari kelapa tersebut hanya akan menjadi limbah. Selain itu sabut kelapa adalah salah satu dari sekian banyak jenis serat alam yang dapat terus diperbaharui dan berkelanjutan (Tan Et al, 2012). Didasari hal tersebut maka diadakan penelitian lebih lanjut untuk menemukan manfaat dan kandungan yang ada pada campuran aspal dengan sabut kelapa. Dalam penelitian lebih lanjut diketahui bahwa campuran laston dengan sabut kelapa memiliki stabilitas yang lebih baik jika dibandingkan dengan campuran aspal tanpa menggunakan sabut kelapa. (Hadiwardoyo, 2013).

Setelah melakukan penelitian di laboratorium diharapkan campuran aspal emulsi dingin dengan sabut kelapa dapat menghasilkan informasi tentang sabut kelapa optimal yang dapat ditambahkan pada campuran aspal emulsi dingin, serta mengetahui apa perbedaan yang signifikan bila membandingkannya dengan campuran aspal emulsi dingin tanpa sabut kelapa

---

<sup>1</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, [m21412119@john.petra.ac.id](mailto:m21412119@john.petra.ac.id)

<sup>2</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, [m21412123@john.petra.ac.id](mailto:m21412123@john.petra.ac.id)

<sup>3</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, [paravita@petra.ac.id](mailto:paravita@petra.ac.id)

<sup>4</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, [harryp@petra.ac.id](mailto:harryp@petra.ac.id)

## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1. Agregat

Agregat didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat. ASTM (1974) mendefinisikan agregat sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa masa berukuran besar ataupun berupa fragmen fragmen. (Sukirman, 1992). Sukirman, S., (2003), 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 perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain. Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai material perkerasan jalan adalah gradasi, kebersihan, kekerasan dan ketahanan agregat, bentuk butir, tekstur permukaan, porositas, kemampuan untuk menyerap air, berat jenis, dan daya pelekatan dengan aspal.

### 2.2. Aspal

Menurut Sukirman, S., (1992), aspal adalah bahan padat atau semi padat yang merupakan senyawa hidrokarbon, berwarna coklat gelap atau hitam pekat yang sering tersusun dari *aspalteness* dan *malteness*. Aspal jika dipanaskan pada suatu temperatur tertentu, aspal akan menjadi lunak sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pencampuran, jika temperatur mulai menurun aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya.

### 2.3. Bahan Tambahan (Sabut Kelapa)

Sabut kelapa merupakan bahan berserat dengan ketebalan sekitar 5 cm dan merupakan bagian terluar dari buah kelapa. Komposisi sabut dalam buah kelapa sekitar 35% dari berat keseluruhan sebuah kelapa. Sabut kelapa terdiri dari serat (*fiber*) dan gabus (*pitch*) yang menghubungkan satu serat dengan serat lainnya.

### 2.4. Campuran Aspal Emulsi Dingin (CAED)

Menurut SNI 4798:2011, definisi aspal emulsi Aspal berbentuk cair yang dihasilkan dengan cara mendispersikan aspal keras ke dalam air atau sebaliknya dengan bantuan bahan pengemulsi sehingga diperoleh partikel aspal yang bermuatan listrik positif (kationik) atau negatif (anionik) atau tidak bermuatan listrik (nonionik).

### 2.5. Pengujian Marshall

Kinerja dari suatu campuran aspal dapat diperiksa dengan bantuan *Marshall Test*. Pengetesan ini pertama kali diperkenalkan oleh Bruce Marshall, yang selanjutnya dikembangkan oleh *U.S Corps of Engineer* (Padmadjaja, 2011). Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan stabilitas dan *flow* dari campuran aspal.

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Metode Persiapan Bahan

Bahan-bahan yang digunakan untuk membuat campuran aspal emulsi adalah :

- Agregat halus dan kasar yang digunakan diperoleh dari Pandaan.
- Aspal emulsi tipe CSS-1h yang digunakan diperoleh dari PT. Triasindomix.
- Sabut kelapa yang digunakan berasal dari Blitar.

### 3.2. Persiapan Bahan Agregat

Agregat yang digunakan harus memenuhi standar pengujian agregat seperti terlihat pada **Tabel 1** untuk pemeriksaan karakteristik agregat.

**Tabel 1. Pemeriksaan Karakteristik Agregat**

1. Agregat Kasar ( <i>Coarse Aggregate</i> )			
No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Syarat
1	Keausan Agregat	SNI 2417 : 2008	Maks. 40%
2	Kelekatan Agregat terhadap Aspal	SNI 03-2439-1991	Min. 95 %
3	Partikel Lolos Ayakan No.200	-	≤ 1 %
4	Agregat yang Tertahan Ayakan 4.75 mm	SNI 03-1975-1990	≥ 65 %
2. Agregat Halus ( <i>Fine Aggregate</i> )			
1	Partikel Lolos ayakan No. 200	SNI 03-4428-1997	≤ 8 %

### 3.3. Sabut Kelapa

Sabut kelapa yang digunakan pada penelitian ini menggunakan kadar sebesar 0.5% - 1.5% dari total berat aspal dengan Panjang ± 5 mm. Sabut kelapa direndam terlebih dahulu untuk membersihkan sabut kelapa dari sekam atau debu yang menempel. Keringkan sabut kelapa pada suhu 30°C selama 24 jam. Potong sabut kelapa yang sudah di keringkan sepanjang ± 5 mm. Sabut kelapa dicampurkan terlebih dahulu kedalam aspal emulsi sebelum di campurkan agregat.

## 4. PEMBAHASAN

### 4.1. Hasil Pemeriksaan Agregat

Hasil pemeriksaan agregat memenuhi syarat untuk dapat digunakan dalam campuran. Hasil dari pemeriksaan agregat dapat dilihat pada **Tabel 2**.

**Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar dan Halus**

No	Pengujian	Metode Pengujian	Spesifikasi	Hasil Uji
<b>A.</b>	<b>Agregat Kasar</b>			
1	Analisa Saringan	SNI 03-1968-1990	SNI 03-1968-1990	Memenuhi Spesifikasi
2	Berat jenis <i>bulk</i>	SNI 1969:2008	-	2,685
3	Berat jenis semu	SNI 1969:2008	-	2,79
4	Penyerapan Air	SNI 1969:2008	-	1,37%
5	Keausan Agregat	SNI 2417:2008	Maks 40 %	20,64%
6	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	SNI 03-2439-1991	Min. 95 %	> 95%
7	Partikel Lolos Ayakan No.200	SNI 03-4428-1997	≤ 1 %	< 1%
8	Agregat yang tertahan Ayakan 4.75 mm	SNI 03-1975-1990	≥ 65 %	> 65 %
<b>B.</b>	<b>Agregat Halus</b>			
1	Berat jenis <i>bulk</i>	SNI 1969:2008	-	2,57
2	Berat jenis semu	SNI 1969:2008	-	2,6
3	Penyerapan Air	SNI 1969:2008	-	0,43%
4	Partikel Lolos Ayakan No.200	SNI 03-4428-1997	≤ 8 %	

#### 4.2. Hasil Pemeriksaan Aspal

Data hasil pemeriksaan aspal didapatkan dari PT. Triasindomix sebagai data sekunder. Aspal yang digunakan adalah aspal emulsi dengan tipe CSS - 1h. Hasil dari pemeriksaan aspal dapat dilihat pada **Tabel 3**.

**Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Aspal Emulsi CSS - 1h**

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Hasil Pengujian	Spesifikasi*	Satuan
1	Kekentalan Syabolt Furol pada 25 ° C	SNI 03-6721-2002	34	20-100	detik
2	Stabilitas Penyimpanan 24 jam	SNI 03-6828-2002	0.2	Max. 1	%
3	Muatan Listrik Partikel	SNI 03-3644-1994	Positif	Positif	-
4	Analisa Saringan No. 20	SNI 03-3643-1994	0	Max 0.1	% lolos
5	Penyulingan	SNI 03-3642-1994			
	kadar Air		38.4	-	%
	Kadar Minyak		0.5	-	%
	Kadar Residu		61.2	Min 57	%
6	Penetrasi Residu	SNI 06-2456-1991	56	40-90	0.1 mm
7	Daktilitas Residu	SNI 06-2432-1991	55	Min 40	cm
8	Kelarutan Residu dalam C <sub>2</sub> HCl <sub>3</sub>	SNI 06-2438-1991	99.8	Min 97.5	%

\*Spesifikasi sesuai SNI 03-4798-1998

Sumber : PT.Triasindomix

#### 4.3. Hasil Pemeriksaan Campuran

Pemeriksaan terhadap agregat dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah campuran sudah memenuhi spesifikasi yang sudah ditentukan atau tidak.. Hasil dari pemeriksaan campuran dapat dilihat pada **Tabel 4**.

**Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Campuran**

URAIAN	KELAS CAMPURAN	HASIL UJI
	E/20	
Ukuran butiran nominal maksimum (mm)	19	15 mm
Jenis Gradasi	Terbuka	Terbuka
Ketebalan lapisan nominal minimum (mm)	40	± 70 mm

**Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Campuran (Lanjutan)**

URAIAN		KELAS CAMPURAN	HASIL UJI	Keterangan
		E/20		
GRADASI				
ASTM	(mm)	% BERAT YANG LOLOS		Lampiran 2
1"	25	100	100	
3/4 "	19	95-100	98,24	
3/8 "	9,5	20-55	37,32	
No. 8	2,36	0-10	7,79	
No. 200	0,075	0-2	0,71	
RESEP CAMPURAN				
Kadar aspal residu minimum (% terhadap berat total campuran)		4,2	6.50 % - 8.50 %	-
CAMPURAN RANCANGAN				
Batas kadar bitumen residual (% terhadap berat total campuran)		3.3-5.5	4.93%	Lampiran 7
Kadar efektif bitumen minimum (% terhadap berat total campuran)		6%	7,968	Lampiran 9
Ketebalan efektif film bitumen minimum ( $\mu\text{m}$ )		20	66,3 $\mu\text{m}$	Lampiran 8

#### 4.4. Hasil Pengujian Marshall

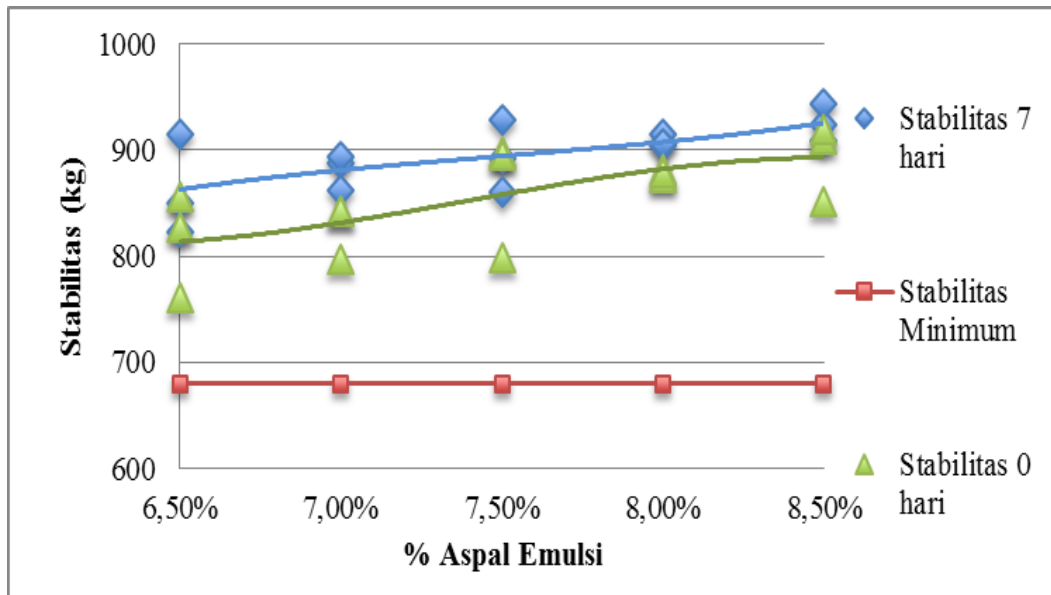
Untuk pengujian *Marshall* terlebih dahulu dibuat benda uji sesuai dengan *Job Mix Formula* (JMF) yang telah disiapkan. Setelah benda uji dibuat barulah dilakukan pengujian *Marshall*. Dari pengujian *Marshall* didapatkan data stabilitas dan *flow* bacaan. Data tersebut kemudian diolah dan didapatkan nilai stabilitas *adjust* (kg).

##### - Campuran Aspal Emulsi Dingin Umur 0 hari

Pengujian benda uji dilakukan dengan campuran aspal emulsi yang terdiri dari 5 macam varian kadar yang telah disiapkan sebelumnya sesuai dengan *job mix*. Pada **Gambar 1** menunjukkan bahwa semua kadar aspal emulsi telah memenuhi syarat stabilitas yang telah ditentukan yaitu 680 kg. Nilai stabilitas aspal emulsi yang didapatkan dari tiap spesimen terus bertambah seiring dengan penambahan kadar aspal emulsi yang ada pada *job mix*.

##### - Campuran Aspal Emulsi Dingin Umur 7 Hari

**Gambar 1** menunjukkan bahwa nilai stabilitas dari semua kadar campuran aspal emulsi telah memenuhi batas spesifikasi yang ditentukan. Penambahan waktu curing pada campuran aspal emulsi berpengaruh terhadap peningkatan stabilitas jika dibandingkan dengan aspal emulsi dingin dengan umur 0 hari. Ini membuktikan bahwa masa curing dalam campuran aspal emulsi mempengaruhi peningkatan nilai stabilitas.



Gambar 1. Perbandingan Campuran Aspal Emulsi 0 Hari dengan 7 Hari

- **Kadar Aspal Residu Optimum**

Berdasarkan pada **Tabel 5** dapat dilihat stabilitas untuk masing-masing variasi kadar aspal campuran aspal emulsi. Untuk menentukan kadar aspal residu optimum (KARO) dicari dengan mengoptimalkan stabilitas yang terbesar. Dalam kedua tabel tersebut ternyata stabilitas terbesar terdapat pada campuran aspal emulsi dingin dengan kadar 8,5%. Untuk itu campuran aspal emulsi dingin dengan kadar aspal emulsi 8,5 % dipilih sebagai KARO.

**Tabel 5. Karakteristik Campuran Aspal Emulsi Dingin 0 Hari dan 7 Hari**

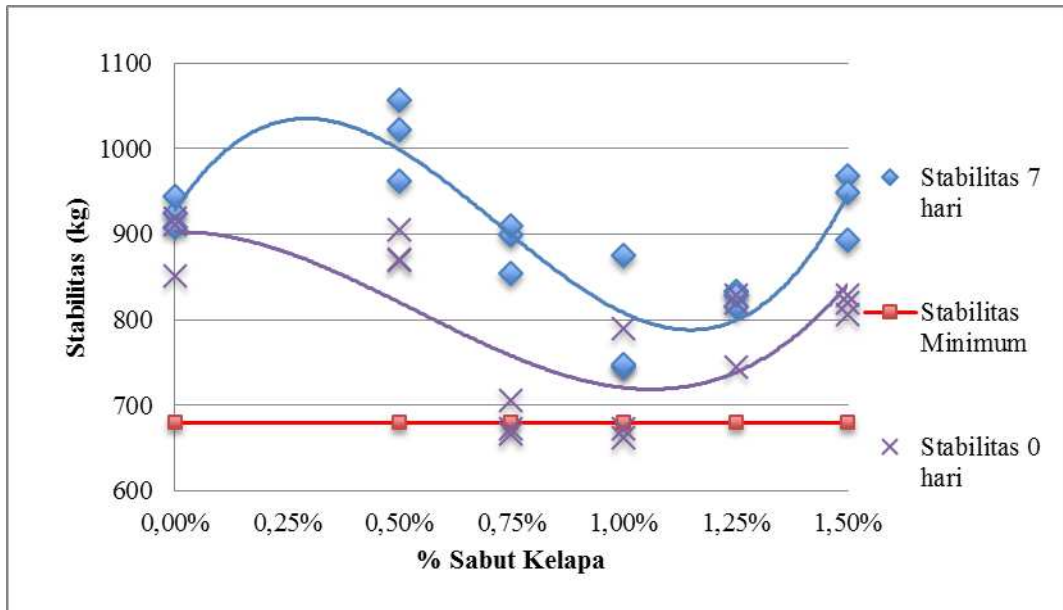
Karakteristik Campuran	Kadar Aspal (%)				
	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50
Kadar Bitumen Efektif (%)	5.956	6.459	6.962	7.465	7.968
Kadar Optimum Terserap (%)	0.5818	0.5818	0.5818	0.5818	0.5818
Stabilitas umur 0 hari (kg)	814.89	827.60	864.19	878.15	893.89
Stabilitas umur 7 hari (kg)	862.87	881.52	893.78	908.02	925.51
VIM 0 hari (%)	8.58	9.05	7.31	6.37	7.75
VIM 7 hari (%)	9.59	8.71	8.42	9.80	7.89
VMA 0 hari (%)	21.59	22.98	22.50	22.71	24.81
VMA 7 hari (%)	22.46	22.69	23.43	25.53	24.92
VFA 0 hari (%)	60.31	60.74	67.57	71.97	69.35
VFA 7 hari (%)	57.34	61.66	64.06	61.80	68.34

- **Campuran Aspal Emulsi Dingin dengan Sabut Kelapa Umur 0 Hari**

Pada **Gambar 2** stabilitas semua campuran aspal emulsi dingin dengan tambahan sabut kelapa masih berada di bawah stabilitas campuran aspal emulsi dingin tanpa tambahan sabut kelapa. Kadar tambahan sabut kelapa yang paling mendekati stabilitas campuran aspal emulsi tanpa tambahan sabut kelapa berada pada kadar 0.25 %, sedangkan yang paling rendah berada pada kadar 0.75 % jika dilihat dari *trendline*. Semua campuran aspal emulsi dengan tambahan sabut kelapa telah memenuhi syarat stabilitas.

- **Campuran Aspal Emulsi Dingin dengan Sabut Kelapa Umur 7 Hari**

**Gambar 2** menunjukkan bahwa nilai stabilitas dari campuran aspal emulsi dengan tambahan sabut kelapa telah memenuhi batas spesifikasi yang ditentukan. Campuran aspal emulsi dengan rentang kadar sabut kelapa diantara 0.25 % - 0.50 % memiliki nilai stabilitas yang paling tinggi jika dibandingkan dengan kadar sabut kelapa lainnya. Penambahan waktu *curing* pada campuran aspal emulsi dingin dengan sabut kelapa mempengaruhi stabilitas yang dihasilkan.



Gambar 2. Perbandingan Campuran Aspal Emulsi Dingin dengan Sabut Kelapa 0 Hari dengan 7 Hari

- **Analisa Perbandingan Campuran Aspal Emulsi dengan Sabut Kelapa**

Penambahan sabut kelapa pada campuran aspal emulsi dingin menyebabkan stabilitas menurun untuk umur 0 hari. Pada kadar sabut 0.50 % dan 0.75 % nilai stabilitas menurun jika dibandingkan dengan nilai stabilitas campuran aspal emulsi tanpa menggunakan sabut kelapa. Sedangkan pada kadar 1.00 %, 1.25 %, 1.50 % nilai stabilitas berada di bawah nilai stabilitas campuran aspal emulsi tanpa sabut kelapa, akan tetapi nilai stabilitasnya meningkat perlahan jika dibandingkan dengan kadar sabut kelapa 0.75 %. Banyaknya jumlah Sabut kelapa mempengaruhi rongga-rongga yang ada pada campuran aspal emulsi dan berperan sebagai *filler*, sehingga menyebabkan campuran aspal emulsi menjadi lebih padat dan meningkatkan stabilitas secara perlahan. Pada umur 7 hari nilai stabilitas semua campuran aspal emulsi dengan sabut kelapa meningkat. Campuran aspal emulsi dengan kadar sabut 0.25 % - 0.50% memiliki nilai stabilitas yang lebih bagus jika dilihat dari hasil *trendline*. Semua nilai stabilitas baik CAED dengan sabut kelapa dan tanpa sabut kelapa telah memenuhi syarat stabilitas yang telah ditentukan. Data karakteristik campuran aspal emulsi dengan sabut kelapa dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Karakteristik Campuran Aspal Emulsi Dingin dengan Sabut Kelapa umur 0 Hari dan 7 Hari

Karakteristik Campuran	Kadar Sabut (%)					
	0.00	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50
Kadar Bitumen Efektif (%)	7.968	7.968	7.968	7.968	7.968	7.968
Kadar Optimum Terserap (%)	0.5818	0.5818	0.5818	0.5818	0.5818	0.5818
Kadar Bitumen Total (%)	8.50	8.50	8.50	8.50	8.50	8.50
Stabilitas umur 0 hari (kg)	893.89	882.00	681.42	708.05	797.78	818.74
Stabilitas umur 7 hari (kg)	925.51	1013.97	888.07	789.13	826.35	923.54
VIM 0 hari (%)	7.75	10.67	9.60	9.83	7.69	9.93
VIM 7 hari (%)	7.89	9.50	7.84	8.54	8.85	8.69
VMA 0 hari (%)	24.81	27.19	26.32	26.50	24.76	26.58
VMA 7 hari (%)	24.92	26.23	24.88	25.45	25.70	25.57
VFA 0 hari (%)	69.35	60.78	63.53	62.95	69.05	62.70
VFA 7 hari (%)	68.34	63.81	68.50	66.47	65.57	66.16

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian, permasalahan, pembahasan dan tujuan dari penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Kadar Aspal Residu Optimum (KARO) yang dapat digunakan adalah sebesar 8,50 % dengan mengoptimalkan stabilitas terbesar yang didapatkan.
2. Kadar sabut kelapa yang dapat ditambahkan adalah sebesar 0,25% - 0,50% dari total berat aspal. Stabilitas Campuran Aspal Emulsi Dingin (CAED) dengan sabut kelapa 0,25% - 0,50% memiliki stabilitas (CAED) lebih tinggi dibandingkan dengan kadar sabut kelapa lainnya pada umur yang sama.
3. Stabilitas (CAED) pada umur 7 hari dengan kadar sabut kelapa sebesar 0,50% memiliki stabilitas lebih tinggi dibandingkan dengan (CAED) tanpa sabut kelapa.

### 5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dapat diusulkan beberapa saran sebagai berikut :

1. Setelah melakukan pengujian di laboratorium dapat dikatakan bahwa hasil pengujian yang dilakukan belum maksimal. Ini dikarenakan adanya beberapa faktor yang mempengaruhi diantaranya faktor alat, ketelitian, *human error*, dan faktor lainnya seperti kurangnya ketelitian dalam mengukur, memotong dan menimbang sabut kelapa sehingga hasil yang dihasilkan tidak sesuai dengan yang diinginkan, *oven* yang suhunya tidak sesuai dengan pengaturan sehingga menyebabkan sampel tidak sesuai dengan kondisi yang diinginkan, alat pemadat yang terkadang mati sehingga menyebabkan hasil pemadatan kurang maksimal. Maka untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat lebih meningkatkan ketelitian dan kualitas dalam proses pengujian untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.
2. Perlunya dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai penggunaan aspal emulsi dalam bidang aspek ekonomi untuk mengetahui keuntungan aspal emulsi dibandingkan aspal panas pada saat pengaplikasian di lapangan.
3. Perlunya dilakukan penelitian lebih lanjut dengan memperbesar kadar penambahan sabut kelapa kepada campuran aspal emulsi untuk lebih mengetahui pengaruh penambahan sabut kelapa terhadap stabilitas campuran aspal emulsi dingin.

## 6. DAFTAR REFERENSI

- Hadiwardoyo, S. P., (2013). "Evaluation of the Addition of Short Coconut Fibers on the Characteristics of Asphalt Mixtures". *Civil and Environmental Research*, Vol. 3, No.4.
- Muliawan, I.W. (2011). *Analisis Karakteristik dan Peningkatan Stabilitas Campuran Aspal Emulsi Dingin (CAED)*, Tesis. Universitas Udayana, Bali.
- Padmadjaja, H. (2011). *TS 4457 Rekayasa Perkerasan Jalan*, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Universitas Kristen Petra. Surabaya.
- Sukirman, S., (1992), *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Nova, Bandung.
- Sukirman, S., (2003), *Campuran Beraspal Panas*. Granit, Bandung.
- SNI 4798:2011. (2011), *Spesifikasi Aspal Emulsi Kationik*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Tan, et al., (2012). "Effect of Mercerization and Acetylation on Properties of Coconut Fiber and Its Influence on Modified Bitumen". *UNIMAS E-journal of Civil Engineering*, Vol. 5, No.1.
- TRIASINDOMIX, PT. (2010). *Spesifikasi Teknis Aspal Emulsi*. Sidoarjo.