

PENGARUH PENAMBAHAN SERAT IJUK TERHADAP STABILITAS CAMPURAN ASPAL EMULSI DINGIN

Harry Zentino¹, Oktavianus Danny Sivananda², Paravita Sri Wulandari³, Harry Patmadjaja⁴

ABSTRAK : Serat ijuk merupakan serat alami yang mudah ditemukan, tetapi belum dimanfaatkan secara optimal. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan serat ijuk terhadap stabilitas Campuran Aspal Emulsi Dingin (CAED). CAED adalah campuran antara agregat bergradasi menerus dan aspal emulsi sebagai bahan pengikat. Aspal emulsi adalah aspal berbentuk cair yang dihasilkan dengan mendispersikan aspal keras ke dalam air atau sebaliknya dengan bantuan bahan pengemulsi sehingga diperoleh partikel aspal yang bermuatan listrik positif atau negatif atau tidak bermuatan listrik. Pengujian Marshall dilakukan pada CAED tanpa dan dengan tambahan serat ijuk dengan waktu curing selama 0 dan 7 hari untuk mendapatkan nilai stabilitas. Hasil penelitian menunjukkan semakin banyak kadar serat ijuk yang ditambahkan maka stabilitas meningkat. Stabilitas CAED dengan serat ijuk umur curing 0 hari meningkat pada kadar ijuk 0,1% - 0,3% lalu mengalami penurunan pada kadar ijuk 0,4%. Stabilitas kadar ijuk 0,3% lebih tinggi daripada CAED tanpa serat ijuk. Stabilitas CAED dengan serat ijuk umur curing 7 hari meningkat pada kadar ijuk 0,1% - 0,4% dan masih bisa terus naik. Stabilitas kadar ijuk 0,4% lebih tinggi daripada CAED tanpa serat ijuk. Panjang serat ijuk antara 0,1 – 0,25 cm. Waktu curing selama 7 hari meningkatkan stabilitas CAED tanpa dan dengan tambahan serat ijuk

KATA KUNCI : serat ijuk, campuran aspal emulsi dingin, CAED, stabilitas

1. PENDAHULUAN

Di era transportasi yang semakin berkembang saat ini, manusia membutuhkan alat transportasi untuk dapat menyokong kehidupan sehari-hari, maka diperlukan prasarana pendukung utama yaitu jalan. Di Indonesia, sebagian besar masih menggunakan Lapisan Aspal Beton (Laston) yaitu campuran antara agregat bergradasi menerus dan aspal sebagai bahan pengikat dan digunakan pada lapisan permukaan perkerasan aspal. Namun pada penelitian ini penulis menggunakan alternatif lain yaitu Campuran Aspal Emulsi Dingin (CAED) yang memiliki susunan perkerasan yang sama dengan Lapisan Aspal Beton (Laston) tetapi aspal yang digunakan yaitu aspal emulsi. Menurut SNI 4798 tahun 2011, aspal emulsi adalah 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). Di Indonesia, aplikasi CAED di lapangan masih sangat sedikit padahal campuran aspal dingin lebih ramah lingkungan dan penghematan energi karena tidak menggunakan bahan bakar untuk memanaskan aspal emulsi melainkan menggunakan sinar matahari. Penggunaan serat ijuk sebagai pengikat yang kuat, tahan terhadap panas matahari dan cuaca dingin, tahan terhadap pelapukan, tahan terhadap korosi air laut, tahap rayap, dan tidak mudah busuk menjadikan serat ijuk memungkinkan untuk dijadikan bahan tambah pada campuran aspal dingin. Serat ijuk berasal dari pangkal pelepah daun yang menyelubungi batang pohon aren. Menurut penelitian sebelumnya (Santoso, 1996) yang menggunakan Split Mastic Asphalt (SMA), campuran yang menggunakan serat ijuk dengan kadar 0,1% - 0,4% dari berat total campuran meningkatkan stabilitas sebesar 33%-59%.

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, m21412176@john.petra.ac.id

² Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, m21412190@john.petra.ac.id

³ Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, paravita@petra.ac.id

⁴ Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, harryp@petra.ac.id

Tujuan dari penelitian ini adalah memanfaatkan serat ijuk yang mudah ditemukan di Indonesia dengan cara menggunakannya sebagai bahan tambahan (aditif) pada CAED. Dengan penambahan serat ijuk, CAED mengalami peningkatan nilai stabilitas sehingga dapat diterapkan di dunia nyata.

2. LANDASAN TEORI

2.1. Aspal

Menurut Sukirman (1999) aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan sampai suatu temperatur tertentu aspal dapat menjadi lunak/cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau dapat masuk kedalam pori-pori yang ada pada penyemprotan/penyiraman pada perkerasan macadam ataupun pelaburan. Jika temperatur mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (sifat termoplastis).

2.2. Agregat

Agregat didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat. ASTM (1974) mendefinisikan agregat/batuan sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa massa berukuran besar ataupun berupa fragmen-fragmen. Agregat/batuan merupakan komponen utama dari perkerasan jalan yang mengandung 90 - 95% agregat berdasarkan persentase berat atau 75 - 85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian daya dukung, keawetan dan mutu perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dan material lain (Sukirman, 1999).

2.3. Bahan Aditif (Serat Ijuk)

Pada penelitian ini serat ijuk digunakan sebagai bahan aditif. Serat ijuk diperoleh dari pangkal pelepah pohon aren dan berbentuk seperti serat. Serat ijuk yang digunakan sebagai bahan tambahan dipilih yang tidak mengandung bahan kimia atau masih alami dengan variasi kadar ijuk 0,1%; 0,2%; 0,3%, dan 0,4% dari berat total campuran dengan panjang serat ijuk 0,1 - 0,25 cm menyesuaikan dengan penelitian sebelumnya (Santoso, 1996).

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.

2.6. Campuran Aspal Emulsi Dingin (CAED) dengan Gradasi Terbuka

CAED dengan gradasi terbuka memiliki keuntungan utama yaitu hemat energi, mengurangi polusi udara dari debu, meningkatkan daya anti selip pada kecepatan tinggi saat musim hujan, meminimalkan kerusakan akibat pengereman kendaraan pada gradasi terbuka, hemat biaya material karena daya sebar yang tinggi dibandingkan dengan gradasi rapat, serta memiliki fleksibilitas yang tinggi.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metode Persiapan Bahan

Bahan-bahan yang digunakan untuk membuat CAED adalah :

1. Agregat halus dan kasar yang digunakan diperoleh dari Pandaan.
2. Aspal emulsi tipe CSS-1h yang digunakan diperoleh dari PT. Triasindomix.
3. Serat ijuk yang digunakan diperoleh dari pangkal pelapah daun pohon aren.

3.2. Pemeriksaan Bahan Agregat

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

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	-	$\leq 1 \%$
4	Agregat yang Tertahan Ayakan 4.75 mm	SNI 03-1975-1990	$\geq 65 \%$
2. Agregat Halus (<i>Fine Aggregate</i>)			
1	Partikel Lolos ayakan No. 200	SNI 03-4428-1997	$\leq 8 \%$

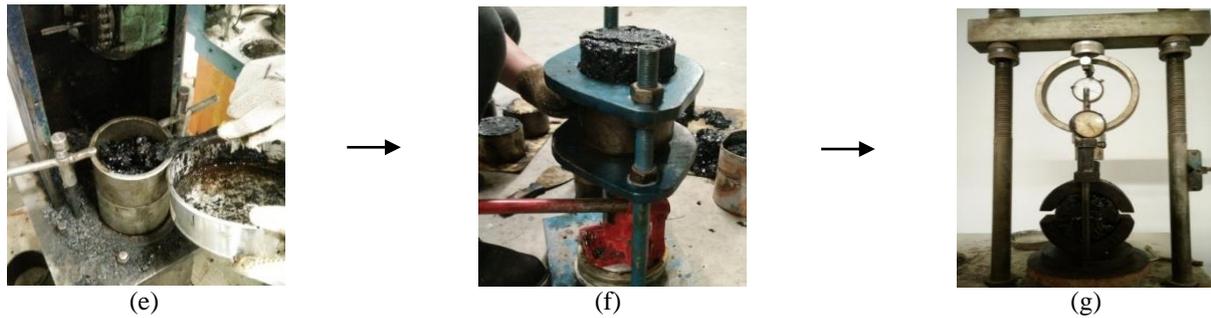
3.3. Serat Ijuk

Penelitian ini menggunakan serat ijuk dengan kadar 0,1% - 0,4% dari berat total campuran dan panjang serat ijuk antara 0,1 – 0,25 cm karena pada penelitian sebelumnya (Santoso, 1996) persentase serat ijuk cukup diantara 0,1% - 0,4% dari berat total campuran karena pemberian persentase serat ijuk yang lebih besar justru akan menjadi kurang efektif. Panjang serat ijuk yang efektif antara 0,1 – 0,25 cm karena dengan serat ijuk yang lebih kecil, serat tersebut lebih menyatu dengan aspal emulsi sehingga keefektifannya lebih tinggi.

3.4. Pembuatan Benda Uji

Tahapan yang dilakukan saat melakukan pembuatan benda uji (**Gambar 1**) adalah merendam serat ijuk dan dipotong sepanjang 0,1 - 0,25 cm, lalu membuat *Job Mix Formula* (JMF) dan menimbang agregat sesuai dengan JMF. Persentase agregat dikombinasikan dengan kadar aspal 6,5% - 8,5% dari berat total campuran berdasarkan acuan kadar aspal optimum, lalu timbang air sesuai perhitungan JMF dan dituang ke wajan berisi agregat dan diaduk hingga merata. Campurkan aspal dengan serat ijuk yang telah ditimbang dengan variasi kadar 0,1% - 0,4% dari berat total campuran dan mengaduknya hingga merata dan tambahkan campuran tersebut kedalam agregat. Masukkan sampel ke dalam oven dengan suhu 60° C selama 3 jam, lalu padatkan sampel dengan mesin pemadat (*compaction*), lalu masukkan sampel ke dalam oven selama 2 hari dengan suhu 50° C untuk menghilangkan kadar air yang masih tersisa. Lalu mengeluarkan sampel dari oven dan didinginkan di ruang terbuka selama 3 jam dan mengeluarkan sampel dari cetakan menggunakan dongkrak. Lalu mengukur tinggi dan menimbang sampel dalam keadaan kering dan kemudian direndam selama 30 menit. Lalu menimbang sampel dalam air kemudian ditiriskan selama 30 menit. Lalu menimbang sampel dalam keadaan *Saturated Surface Dry* (SSD) kemudian direndam selama 1 jam. Lalu menetes sampel menggunakan mesin *Marshall* untuk mendapatkan angka stabilitas dan *flow*.





Gambar 1. Tahapan Pembuatan benda uji

(a) Pemotongan serat ijuk; (b) Menimbang agregat; (c) Campuran aspal dan serat ijuk; (d) Campuran yang sudah merata; (e) Menumbuk campuran; (f) Mendongkrak sampel; (g) Pengujian *Marshall*

4. PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pemeriksaan Agregat

Tabel 2 menunjukkan hasil pemeriksaan agregat, dimana agregat memenuhi syarat untuk dijadikan campuran aspal.

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar dan Halus

No.	Pengujian	Metode Pengujian	Spesifikasi	Hasil Uji
A. Agregat Kasar				
1	Analisa Saringan	SNI 03-1968-1990	Lampiran 2	Lampiran 2
2	Berat jenis bulk	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. Agregat Halus				
1	Berat jenis bulk	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 %	< 8 %

4.2. Hasil Pemeriksaan Aspal

Tabel 3 merupakan data sekunder aspal tipe *Cationic Slow Setting – 1 hard* (CSS – 1h) yang merupakan hasil penelitian oleh PT. Triasindomix.

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Aspal Emulsi CSS – 1h

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Hasil	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	SNI 06-2438-1991	99.8	Min 97.5	%

*Spesifikasi sesuai SNI 03-4798-1998

Sumber : PT.Triasindomix

4.3. Hasil Pemeriksann Campuran Aspal Emulsi Dingin (CAED)

Tabel 4 merupakan hasil pemeriksaan CAED dimana CAED memenuhi persyaratan.

Tabel 4. Hasil Pemeriksaan CAED

URAIAN	KELAS CAMPURAN		HASIL UJI	KETERANGAN
	E/20			
Ukuran butiran nominal maksimum (mm)	19		15 mm	-
Jenis Gradasi	Terbuka		Terbuka	-
Ketebalan lapisan nominal minimum (mm)	40		± 70 mm	-
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 (µm)	20		66,3 µm	Lampiran 8

4.4. Hasil Pengujian Marshall

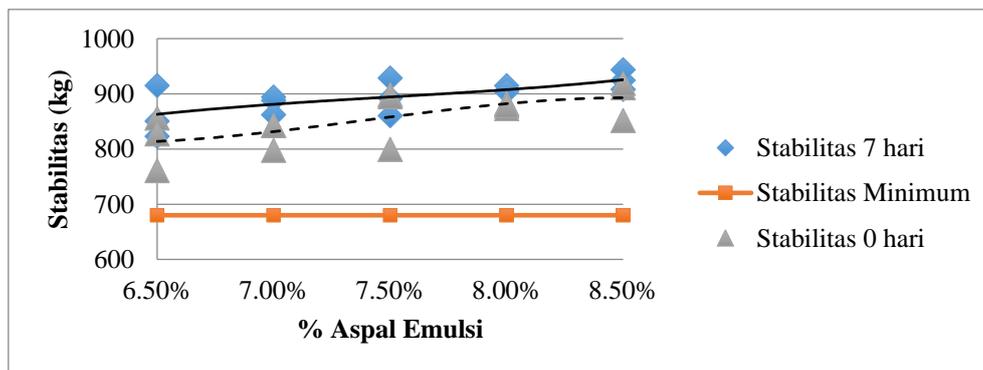
Benda uji dibuat dengan JMF kemudian dilakukan pengujian *Marshall*. Dari pengujian *Marshall* didapatkan data stabilitas dan *flow* bacaan diolah untuk mendapatkan nilai stabilitas *adjust* (kg).

4.4.1. Campuran Aspal Emulsi Dingin (CAED) tanpa Serat Ijuk dengan Umur *Curing* 0 hari

Membuat masing – masing 3 sampel dari 5 jenis Campuran Aspal Emulsi Dingin (CAED) tanpa serat ijuk dengan umur *curing* 0 hari. Sampel memiliki variasi kadar aspal yang berbeda yaitu 6,5% - 8,5% dari berat total campuran yang kemudian dilakukan pengujian menggunakan alat *Marshall* untuk mendapatkan nilai stabilitasnya. **Gambar 2** menunjukkan nilai stabilitas yang dihasilkan dari Campuran Aspal Emulsi Dingin (CAED) tanpa serat ijuk dengan umur *curing* 0 hari telah memenuhi syarat stabilitas minimum sebesar 680 kg.

4.4.2. Campuran Aspal Emulsi Dingin (CAED) tanpa Serat Ijuk dengan Umur *Curing* 7 Hari

Nilai stabilitas dari Campuran Aspal Emulsi Dingin (CAED) tanpa serat ijuk dengan umur *curing* 7 hari telah memenuhi syarat stabilitas minimum sebesar 680 kg. Penambahan waktu *curing* selama 7 hari ternyata dapat meningkatkan nilai stabilitas Campuran Aspal Emulsi Dingin (CAED) karena sisa air yang terdapat dalam campuran mengalami penguapan sehingga aspal emulsi menjadi lebih lengket. Di sisi lain menurut **Gambar 2** semakin banyak kadar aspal emulsi yang ditambahkan maka semakin tinggi nilai stabilitas yang didapat.



Gambar 2. Perbandingan nilai stabilitas CAED tanpa serat ijuk dengan umur *curing* 0 hari dan 7 hari

4.4.3. Kadar Aspal Residu Optimum

Tabel 5 menunjukkan nilai stabilitas masing – masing variasi kadar CAED tanpa serat ijuk. KARO merupakan kadar aspal yang memiliki nilai stabilitas terbesar pada **Tabel 5** yaitu sebesar 8,5%.

Tabel 5. Karakteristik CAED tanpa Serat Ijuk

Karakteristik Campuran	Kadar Aspal (%)				
	6,50	7,00	7,50	8,00	8,50
Kadar Bitumen Efektif (%)	5,95	6,46	6,96	7,46	7,97
Kadar Optimum Terserap (%)	0,5818	0,5818	0,5818	0,5818	0,5818
Stabilitas Umur 0 Hari (kg)	814,89	827,61	864,19	878,15	893,89
Stabilitas Umur 7 Hari (kg)	862,87	881,53	893,79	908,02	925,52
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

4.4.4. Campuran Aspal Emulsi Dingin (CAED) dengan Serat Ijuk dengan Umur *Curing* 0 Hari

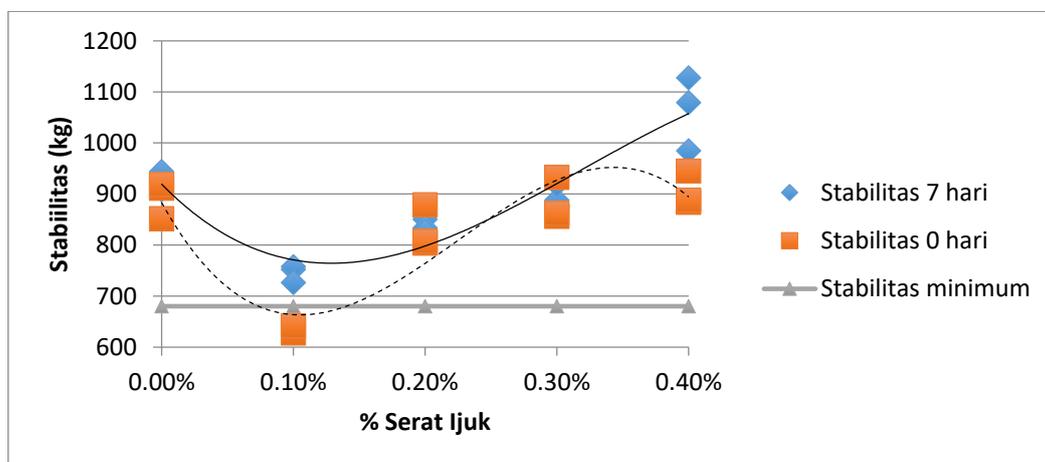
Gambar 3 menunjukkan nilai stabilitas CAED dengan tambahan serat ijuk 0,1% - 0,2% lebih rendah daripada CAED tanpa tambahan serat ijuk. Kadar serat CAED dengan tambahan serat ijuk yang telah melewati nilai stabilitas CAED tanpa tambahan serat ijuk adalah 0,3%, sedangkan kadar serat 0,4% mengalami penurunan. CAED dengan tambahan serat ijuk kadar 0,1% tidak memenuhi syarat stabilitas minimum. Hal ini bisa disebabkan karena saat proses pembuatan sampel CAED tidak homogen.

4.4.5. Campuran Aspal Emulsi Dingin (CAED) dengan Serat Ijuk dengan Umur *Curing* 7 Hari

Gambar 3 menunjukkan nilai stabilitas CAED dengan tambahan serat ijuk telah memenuhi syarat stabilitas minimum. Nilai stabilitas CAED dengan tambahan serat ijuk 0,1% - 0,3% lebih rendah daripada CAED tanpa tambahan serat ijuk. CAED dengan kadar serat ijuk sebanyak 0,4% dari berat total campuran memiliki nilai stabilitas yang lebih tinggi daripada CAED tanpa serat ijuk. Penambahan waktu curing selama 7 hari ternyata dapat meningkatkan nilai stabilitas CAED dengan tambahan serat ijuk, sama seperti CAED tanpa serat ijuk.

4.4.6. Analisa Perbandingan Campuran Aspal Emulsi dengan Serat Ijuk

Gambar 3 menunjukkan dengan tambahan waktu curing 7 hari, nilai stabilitas CAED dengan tambahan serat ijuk meningkat. Nilai stabilitas CAED dengan serat ijuk dengan umur curing 0 hari mengalami peningkatan mulai dari kadar 0,1% - 0,3% lalu mengalami penurunan pada kadar 0,4%. Nilai stabilitas CAED dengan serat ijuk dengan umur curing 7 hari mengalami peningkatan mulai dari kadar 0,1% - 0,4% dan masih bisa terus naik. Secara tidak langsung serat ijuk yang digunakan dapat dijadikan filler karena ukurannya yang sudah dipotong kecil-kecil dapat mengisi rongga-rongga yang ada pada CAED sehingga CAED menjadi lebih padat dan meningkatkan nilai stabilitas secara perlahan. Data karakteristik CAED dengan tambahan serat ijuk dapat dilihat pada **Tabel 6**.



Gambar 3. Perbandingan nilai stabilitas CAED dengan serat ijuk dengan umur *curing* 0 hari dan 7 hari

Tabel 6. Karakteristik CAED dengan Serat Ijuk

Karakteristik Campuran	Kadar Serat Ijuk (%)			
	0,1	0,2	0,3	0,4
Kadar Bitumen Efektif (%)	7,97	7,97	7,97	7,97
Kadar Optimum Terserap (%)	0,5818	0,5818	0,5818	0,5818
Kadar Bitumen Total (%)	8,5	8,5	8,5	8,5
Stabilitas Umur 0 Hari (kg)	619,97	829,74	883,36	905,43
Stabilitas Umur 7 Hari (kg)	745,26	836,72	894,58	1063,71
VIM 0 hari (%)	9,96	9,22	9,34	8,52
VIM 7 hari (%)	8,15	9,21	8,77	8,05
VMA 0 hari (%)	26,61	26,00	26,10	25,43
VMA 7 hari (%)	25,13	25,99	25,63	25,05
VFA 0 hari (%)	62,61	64,57	64,31	66,57
VFA 7 hari (%)	67,61	64,60	65,83	67,89

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan evaluasi yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. KARO yang digunakan pada CAED adalah 8,5%.
2. Nilai stabilitas CAED dengan tambahan serat ijuk meningkat daripada CAED tanpa tambahan serat ijuk. Untuk CAED dengan tambahan serat ijuk dengan umur curing 0 hari, stabilitas meningkat pada kadar ijuk 0,1% - 0,3% lalu mengalami penurunan pada kadar ijuk 0,4%. Nilai stabilitas pada kadar ijuk 0,3% lebih tinggi daripada CAED tanpa serat ijuk. Untuk CAED dengan tambahan serat ijuk dengan umur curing 7 hari, stabilitas meningkat pada kadar ijuk 0,1% - 0,4% dan masih bisa terus naik. Nilai stabilitas pada kadar ijuk 0,4% lebih tinggi daripada CAED tanpa serat ijuk.
3. Nilai stabilitas CAED tanpa dan dengan tambahan serat ijuk dengan umur curing 7 hari meningkat daripada CAED tanpa dan dengan tambahan serat ijuk dengan umur curing 0 hari.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini diusulkan beberapa saran sebagai berikut :

1. Menyadari bahwa saat melakukan pengujian di laboratorium hasil pengujian belum sepenuhnya maksimal akibat human error seperti kurangnya ketelitian mengukur agregat dan memotong serat ijuk, adanya sampel yang belum sepenuhnya kering akibat oven yang terkadang kurang hangat, dan mesin pemadat (compaction) yang terkadang tidak berfungsi mengurangi kualitas data sampel sehingga memerlukan fokus kerja dan ketelitian yang lebih maksimal serta pemeliharaan kembali peralatan yang ada di laboratorium.
2. Ketika melaksanakan curing sampel selama 7 hari, sebaiknya sampel diletakkan di luar ruangan atau terkena sinar matahari langsung seperti jika diaplikasikan di dunia nyata agar proses penguapan air yang masih tersisa dalam CAED bisa lebih cepat daripada diletakkan di pada suhu ruangan.

6. DAFTAR REFERENSI

- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2010). *Spesifikasi Umum Edisi 2010 (Revisi 3)*. Kementerian Pekerjaan Umum. Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Padmadjaja, H. (2011). *TS 4457 Rekayasa Perkerasan Jalan*, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Kristen Petra. Surabaya.
- PT. TRIASINDOMIX (2010). *Spesifikasi Teknis Aspal Emulsi*. Sidoarjo.
- Santoso, Budi. (1996). *Penggunaan Serat Ijuk Sebagai Campuran Split Mastic Asphalt (SMA)*. Surabaya.
- SNI 4798:2011. (2011). *Spesifikasi Aspal Emulsi Kationik*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Sukirman, S. (1999). *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung.