

# PENGARUH UKURAN SERBUK BAN BEKAS SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT HALUS PADA CAMPURAN ASPAL EMULSI DINGIN DENGAN FILLER FLY ASH TIPE-C

Yoel Wuisan<sup>1</sup>, Kevin Ronaldo Gotama<sup>2</sup>, Paravita Sri Wulandari<sup>3</sup>, Harry Patmadjaja<sup>4</sup>

**ABSTRAK :** Penelitian ini dilakukan karena semakin pesatnya pembangunan infrastruktur di Indonesia sehingga dibutuhkan campuran aspal yang ramah lingkungan. Penelitian ini menggunakan Campuran Aspal Emulsi Dingin (CAED), agregat bergradasi rapat tipe IV, *fly ash* sebagai Filler dan serbuk ban bekas sebagai pengganti agregat halus lolos ayakan no 8. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh ukuran serbuk ban bekas terhadap karakteristik campuran aspal emulsi dingin dengan *filler fly ash*. Penelitian ini menggunakan kadar aspal 8% dan *fly ash* sebesar 2% dari berat agregat dengan variasi ukuran ban bekas mesh 20, 40, dan 60 dari berat agregat halus lolos ayakan no 8. Dari hasil pengujian ini didapatkan ukuran serbuk ban bekas berpengaruh terhadap parameter *marshall*, ukuran serbuk ban bekas dengan ukuran yang paling halus yaitu mesh 60 menunjukkan nilai stabilitas dan nilai kadar rongga yang paling baik.

**KATA KUNCI:** campuran aspal emulsi dingin, serbuk ban bekas, *fly ash*, stabilitas, kadar rongga

## 1. PENDAHULUAN

Di Indonesia, aplikasi campuran aspal emulsi dingin (CAED) sudah digunakan di beberapa kota kecil di Pulau Jawa seperti Jember, Tulungagung, Gresik, Sukabumi, Tasikmalaya, Ciamis dan Pekanbaru (Riau) serta Luwuk (Sulawesi Selatan). Campuran aspal dingin lebih murah lingkungan dan hemat energi karena tidak menggunakan bahan bakar untuk memanaskan aspal emulsi melainkan menggunakan sinar matahari (Zentino, H., Sivananda, O.D. 2016.). Jenis aspal emulsi untuk pekerjaan jalan di Indonesia mulai digunakan sekitar tahun 1990-an. (MPW-RI, 1990, as cited in Muliawan, 2011). Seiring dengan jumlah pertumbuhan kendaraan menimbulkan peningkatan limbah ban bekas. Diperlukan usaha untuk menangani limbah ban yang dapat mencemari lingkungan jika tidak ditangani dengan tepat. Salah satu cara untuk menangani limbah ban bekas adalah dengan cara pemanfaatan limbah ban bekas sebagai bahan campuran aspal. Pada penelitian sebelumnya, pernah dilakukan campuran *hot mix* dengan menggunakan serbuk ban bekas sebagai bahan aditif sebesar 2% dengan variasi ukuran serbuk ban bekas mesh 40 dan mesh 80 oleh Wulandari dan Tjandra (2016), dan pernah juga dilakukan penelitian tentang performa *cold mix* oleh Thanaya (Maret dan September 2007). Pada penelitian ini pembuatan campuran aspal dingin menggunakan variasi ukuran serbuk karet ban bekas mesh 20 (0.841mm), mesh 40 (0.42mm) dan mesh 60 (0.25mm) sebagai pengganti agregat halus serta *fly ash* tipe C sebagai pengikat dan pengisi rongga campuran aspal.

---

<sup>1</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, [yoel.wuisan@gmail.com](mailto:yoel.wuisan@gmail.com)

<sup>2</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, [gotama.kevin@gmail.com](mailto:gotama.kevin@gmail.com)

<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. STUDI LITERATUR

### 2.1. Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya baik berupa hasil alam maupun buatan (SNI No: 03-1737-1989-F). Silvia Sukirman mendefinisikan agregat sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa masa berukuran besar ataupun berupa fragmen-fragmen (Sukirman, 1992). Terdapat dua tipe gradasi untuk CAED yaitu *Open Graded Emulsion Mixtures* (OGEM) dan *Dense Graded Emulsion Mixtures* (DGEM) (MPW-RI, 1990, as cited in Muliawan, 2011). DGEM merupakan campuran antara agregat bergradasi rapat dan aspal emulsi sebagai bahan pengikat, yang dicampur tanpa proses pemanasan. Secara spesifik agregat yang digunakan pada penelitian ini menggunakan agregat dengan gradasi butiran tipe IV karena gradasi butiran tipe IV digunakan untuk lapisan pondasi atas maupun lapis permukaan (Fajrina, 2014).

### 2.2. Aspal Emulsi

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) (SNI 4798 – 2011). Ada tiga jenis emulsifier yang dapat digunakan sebagai pengemulsi yaitu emulsifier kationik, anionik dan nonionik. Selain berdasarkan muatan listrik partikelnya, jenis-jenis aspal emulsi juga dibagi berdasarkan kecepatan mantap (*setting*), kekentalan, penetrasi residu dan konsistensi apung residu. Pada penelitian ini menggunakan aspal emulsi CSS-1h karena dibutuhkan waktu dalam proses pencampuran serbuk ban bekas dengan aspal.

### 2.3. Serbuk Ban Bekas

Serbuk Ban Bekas merupakan bahan yang diperoleh dari proses ban kendaraan yang tidak digunakan lagi. Ban bekas merupakan bahan padat dengan kekenyalan dan bersifat lentur. Susunan dari serbuk ban bekas terdiri dari bahan non organik yang mempunyai sifat sebagian besar bahannya tidak mudah membusuk hal ini disebabkan karena memiliki rantai kimia yang panjang dan kompleks. Indeks perendaman campuran tanpa ban bekas adalah 89,10% sedangkan untuk campuran dengan 50% dan 100% serbuk ban bekas sebagai pengganti agregat pada fraksi No.50 berturut-turut adalah 96,42% dan 92,74% (Sugianto, G., 2008). Pada penelitian ini, serbuk ban bekas berperan sebagai pengganti agregat halus yang lolos ayakan No.8. Kadar serbuk ban bekas yang menggantikan agregat halus yaitu sebesar 50% dari volume agregat halus yang lolos ayakan No.8.

### 2.4. Fly Ash

*Fly ash* didefinisikan sebagai butiran halus residu pembakaran batubara atau bubuk batubara (ASTM C.618, 1995:304). *Fly ash* dapat dibedakan menjadi dua, yaitu abu terbang yang normal yang dihasilkan dari pembakaran batubara antrasit atau batubara bitumius dan abu terbang kelas C yang dihasilkan dari batubara jenis lignite atau subbitumes. Abu terbang kelas C kemungkinan mengandung zat kimia SiO<sub>2</sub> sampai dengan dengan 70% (ACI Committee 226). Pada penelitian ini *fly ash* yang digunakan adalah *fly ash* tipe C yang berfungsi sebagai pengikat dan mengisi rongga pada campuran aspal. Kadar *fly ash* yang digunakan pada campuran yaitu sebesar 2% dari berat total agregat.

### 3. RENCANA PENELITIAN

#### 3.1. Metode Pengumpulan Data

Pada penelitian ini, metode pengumpulan data dibagi menjadi dua, yaitu studi pustaka dan pengujian sampel. Studi pustaka, untuk mencari referensi dari penelitian-penelitian terdahulu yang sudah pernah dilakukan dan dijadikan sebagai landasan teori dalam penelitian ini. Pengujian sampel material di laboratorium yang bertujuan untuk memeriksa kesesuaian sampel dengan spesifikasi standar yang digunakan dalam menganalisis hasil dari penelitian yang telah dilaksanakan

#### 3.2. Material yang Digunakan

Agregat yang digunakan adalah agregat yang berasal dari Banyuwangi. Aspal emulsi tipe CSS-1h yang digunakan diperoleh dari PT. Triasindomix. *Fly ash* yang digunakan adalah *fly ash* tipe C yang berasal dari PLTU Paiton. Serbuk ban bekas yang digunakan diperoleh dari PT. Pura Agung

#### 3.3. Peralatan yang Digunakan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain timbangan sebagai alat ukur berat, *mold* sebagai cetakan benda uji, dongkrak untuk mengeluarkan benda uji dari *mold*, *compacting machine* untuk memadatkan campuran aspal, mesin penekan dan penguji stabilitas dan *flow*, oven untuk mengurangi kadar air yang terdapat pada campuran aspal emulsi dingin.

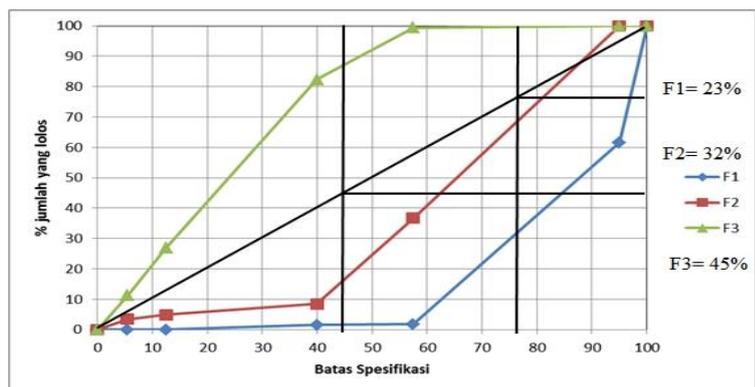
#### 3.4. Langkah Pembuatan Campuran Aspal

Pembuatan campuran aspal emulsi dingin dibuat dibuat sesuai *job mix formula*. Semua material ditimbang terlebih dahulu, lalu dicampur dan diaduk hingga rata, kemudian campuran aspal dimasukkan kedalam oven selama 2 jam, setelah itu sampel dikeluarkan dari oven lalu dimasukkan kedalam *mold*, kemudian dipadatkan dengan *compacting machine*. Setelah dipadatkan kedalam *mold*, sampel dioven selama 24 jam. Setelah dioven selama 24 jam, sampel dikeluarkan dari oven lalu sample dikeluarkan dari *mold* menggunakan dongkrak. Lalu sample ditimbang untuk mendapatkan berat kering sample. Sample yang akan diuji setelah direndam selama 1 jam untuk mendapatkan nilai stabilitas rendam dan direndam selama 24 jam untuk mendapatkan stabilitas sisa. Setelah waktu rendam selesai, sampel diangkat dari dalam air lalu ditimbang basah didalam air, lalu didiamkan selama 1 jam kemudian sampel ditimbang *ssd*, sampel juga diukur tingginya. Setelah itu sampel dites menggunakan mesin penekan dan penguji stabilitas dan *flow*.

### 4. HASIL DAN ANALISA DATA

#### 4.1. Analisa Material

Pemeriksaan karakteristik agregat berdasarkan spesifikasi umum Direktorat Bina Marga 2010 semuanya sudah memenuhi spesifikasi. **Gambar 1** menunjukkan pembagian gradasi agregat yang dilakukan dengan cara grafis. **Tabel 1** menunjukkan pemeriksaan kualifikasi agregat sudah memenuhi spesifikasi.



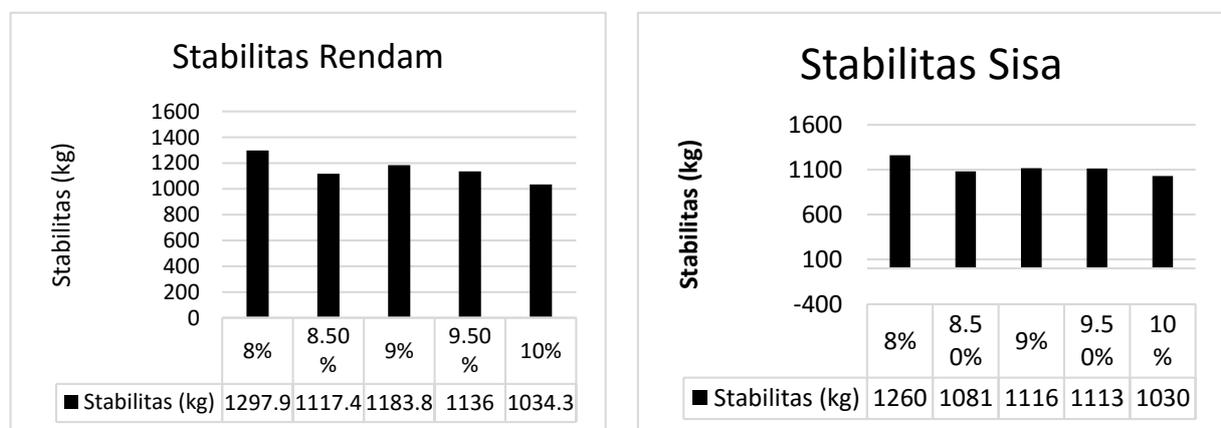
Gambar 1. Pembagian Gradasi Agregat dengan Cara Grafis

Tabel 1. Pemeriksaan Kualifikasi Agregat

SARINGAN		% jumlah yang lolos				Perhitungan				Total	Gradasi Ideal
Inch	mm	F1	F2	F3	F4	F1 (23%)	F2 (32%)	F3 (43%)	F4 (2%)		
3/4	19	100	100	100	100	23	32	43	2	100	100
1/2	12,5	61,58	100	100	100	14	32	43	2	91,16	95
No. 4	4,75	1,7	36,67	99,4	100	0,39	11,73	42,75	2	56,88	57,5
No. 8	2,36	1,54	8,39	82,3	100	0,35	2,68	35,39	2	40,43	40,00
No. 50	0,3	0	4,87	26,8	100	0	1,56	11,53	2	15,09	12,50
No. 200	0,075	0	3,4	11,2	100	0	1,09	4,81	2	7,90	5,50

#### 4.2. Penentuan KARO

Setelah memperoleh persentase gradasi agregat yaitu  $F1=23\%$ ,  $F2=32\%$ , dan  $F3=45\%$  dari berat total agregat yaitu 1200 gram. Kemudian agregat diayak menggunakan ayakan No.4, No.8 dan No.200. setelah itu penentuan kadar residu awal aspal emulsi dilakukan dengan rumus (*Asphalt Institute*, MS 14, 1989, as cited in Muliawan, 2011). Dari hasil perhitungan kadar aspal residu awal sebesar 5,65% digunakan untuk mengestimasi Kadar Aspal Emulsi. Pada penelitian ini Aspal Emulsi yang digunakan adalah Aspal Emulsi *Cationic Slow Setting-1 Hard* (CSS-1H) dari PT. Triasindomix, dengan kadar residu sebesar 63,46 %. Kemudian didapatkan hasil kadar residu aspal emulsi awal sebesar 9%. Benda uji dibuat dengan membuat sampel campuran aspal emulsi dengan variasi kadar aspal N-1, N-0.5, N=KRAE awal, N+0.5, N+1 yaitu 8%, 8,5%, 9%, 9,5%, dan 10% dari berat total campuran masing-masing tiga sampel. Pembuatan campuran aspal emulsi dibuat dengan *filler*, dengan *filler* sebesar 2% dari berat total agregat. Setelah itu dapat dilihat pada **Gambar 2** dilakukan uji *Marshall* pada setiap sampel untuk menentukan nilai KARO.



Gambar 2. Hubungan antara Stabilitas dan Kadar Aspal (a) Stabilitas Rendam, (b) Stabilitas Sisa

Dari penelitian dengan pembuatan benda uji tanpa serbuk ban bekas dengan dan tanpa menggunakan *filler*, campuran aspal emulsi dingin dengan serbuk ban bekas yang dibuat dalam penelitian ini menggunakan *fly ash* sebagai *filler* karena dengan penggunaan *fly ash* sebagai *filler*, dapat mengurangi kadar aspal yang digunakan meskipun pada penelitian dengan *filler* menghasilkan nilai stabilitas yang menurun dibanding stabilitas tanpa menggunakan *filler* sebesar 1 persen sampai 32 persen. Maka dari itu kadar aspal sebesar 8% dipilih dengan pertimbangan stabilitas dengan kadar aspal 8% menunjukkan nilai terbaik jika menggunakan *filler*, selain itu dengan menggunakan *fly ash* sebagai *filler* dapat meningkatkan kerekatan pada campuran aspal emulsi dingin dan juga dapat mereduksi penggunaan aspal emulsi dingin. Sehingga pada penelitian ini digunakan *filler* dan modifikasi penggantian agregat halus dengan kadar 50% dengan serbuk ban bekas. Pada **Tabel 2** terlihat bahwa kadar aspal 8%, 8,5%, 9%, 9,5%, 10% parameter – parameter Marshall memenuhi persyaratan yang berlaku.

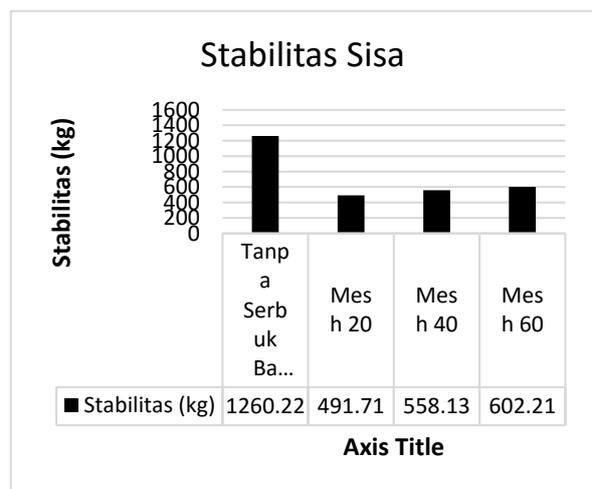
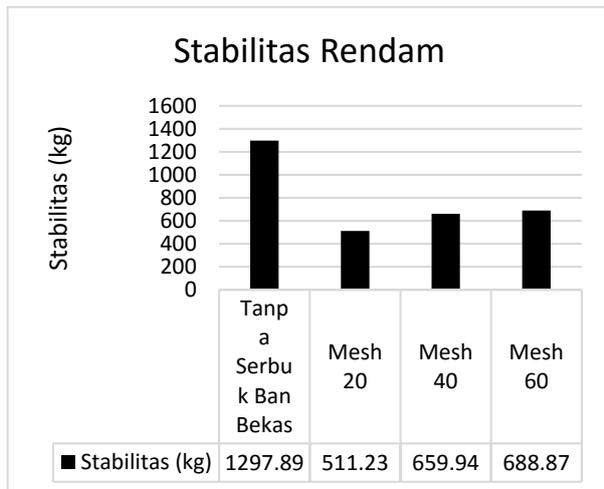
**Tabel 2. Hasil Pengujian Karakteristik Campuran Aspal**

No	Parameter	Satuan	Standar Spesifikasi		8%	8,50%	9%	9,50%	10%
			Min	Max					
1	Kadar Bitumen Efektif	-	5,5	-	7,42	7,92	8,42	8,92	9,43
2	Kadar Bitumen Terserap	-	-	1,7	0,6364	0,6364	0,6364	0,6364	0,6364
3	Stabilitas Rendaman	kg	300	-	1297,89	1117,42	1183,77	1135,97	1034,26
4	Stabilitas Sisa	%	50	-	1260,22	1081,32	1116,39	1113,07	1029,85
5	Kadar Rongga	%	5	10	7,29	8,05	8,71	6,54	6,51
6	Tebal Film Bitumen	mikron	8	-	15,94	17,12	18,31	19,51	20,72
7	Tingkat Penyelimutan	%	75	-	80	80	80	80	80

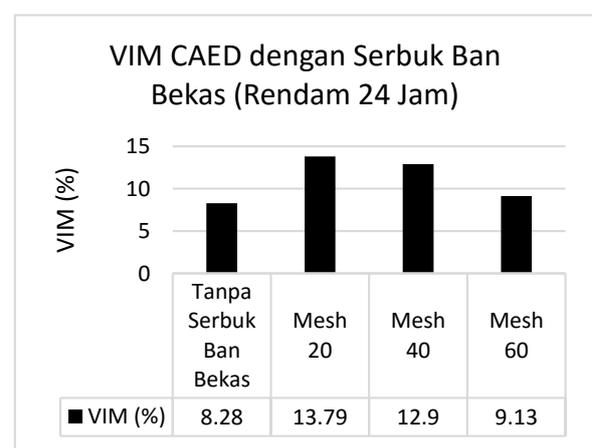
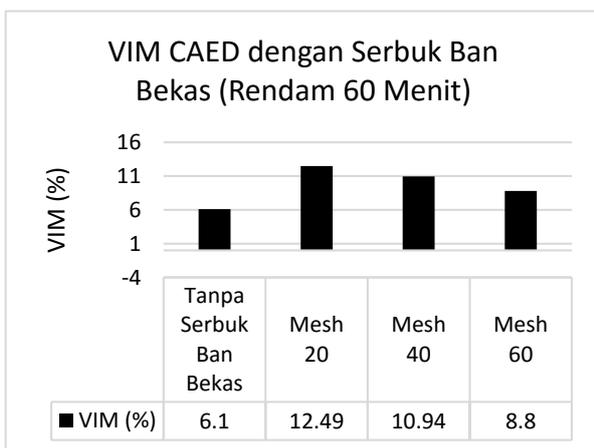
#### 4.3. Hasil Penelitian dengan Serbuk Ban Bekas

Pada **Gambar 3** menunjukkan pengaruh ukuran serbuk ban bekas pada penelitian ini, semakin halus ukuran serbuk ban bekas maka semakin bagus nilai stabilitas campuran aspal, hal ini diakibatkan karena semakin halus serbuk ban bekas, maka serbuk ban bekas mudah menyatu dengan campuran aspal yang lainnya. Nilai stabilitas sisa campuran aspal semuanya memenuhi syarat, tetapi nilai stabilitas sisa lebih rendah daripada nilai stabilitas sisa diakibatkan karena waktu rendam stabilitas sisa selama 24 jam menyebabkan serbuk ban bekas pada campuran aspal emulsi dingin banyak yang terlepas dari campuran aspal hal ini dikarenakan sifat serbuk ban bekas yang terbuat dari karet tidak menyerap air melainkan kedap air sehingga terlepas pada saat dilakukan perendaman selama 24 jam.

Pada **Gambar 4** nilai VIM dengan perendaman 60 menit pada campuran aspal dengan mesh 60 yang paling baik dan stabil. Sedangkan mesh 20 dan 40 tidak memenuhi syarat maksimum yaitu 10. Hal ini diakibatkan karena serbuk ban bekas dengan ukuran lebih besar kurang bisa menyatu dengan campuran aspal, sehingga mengakibatkan beberapa bagian serbuk ban bekas terlepas dari campuran aspal sehingga mengakibatkan pembesaran rongga pada campuran aspal yang mengakibatkan masuknya air pada saat dilakukan perendaman. Nilai VIM dengan perendaman 24 jam menunjukkan nilai yang berbeda dengan perendaman 60 menit, waktu perendaman berpengaruh pada nilai VIM.



(a) (b)  
**Gambar 3. Hubungan antara Ukuran Serbuk Ban Bekas dengan Stabilitas**  
 (a) Stabilitas Rendam, dan (b) Stabilitas Sisa



(a) (b)  
**Gambar 4. Hubungan antara Ukuran Serbuk Ban Bekas dengan VIM**  
 (a) Rendam 60 Menit, dan (b) Rendam 24 Jam

Hasil pengujian karakteristik campuran aspal emulsi dingin dengan serbuk ban bekas dapat dilihat pada **Tabel 3**. Hasil pengujian memakai serbuk ban bekas dengan ukuran mesh 20 dan mesh 40 semuanya memenuhi spesifikasi kecuali kadar rongga. Hasil pengujian memakai serbuk ban bekas dengan ukuran mesh 60 semuanya memenuhi spesifikasi.

**Tabel 3. Hasil Pengujian Karakteristik CAED (a) Mesh 20, (b) Mesh 40, dan (c) Mesh 60**

No	Parameter	Satuan	Standar Spesifikasi		Mesh 20
			Min	Max	
1	Kadar Bitumen Efektif	-	5,5	-	7,415
2	Kadar Bitumen Terserap	-	-	1,7	0,6364
3	Stabilitas Rendaman	kg	300	-	511,23
4	Stabilitas Sisa	%	50	-	491,71
5	Kadar Rongga	%	5	10	12,49
6	Tebal Film Bitumen	mikron	8	-	15,94
7	Tingkat Penyelimutan	%	75	-	80

(a)

No	Parameter	Satuan	Standar Spesifikasi		Mesh 40
			Min	Max	
1	Kadar Bitumen Efektif	-	5,5	-	7,415
2	Kadar Bitumen Terserap	-	-	1,7	0,6364
3	Stabilitas Rendaman	kg	300	-	659,94
4	Stabilitas Sisa	%	50	-	558,13
5	Kadar Rongga	%	5	10	10,94
6	Tebal Film Bitumen	mikron	8	-	15,94
7	Tingkat Penyelimutan	%	75	-	80

(b)

No	Parameter	Satuan	Standar Spesifikasi		Mesh 60
			Min	Max	
1	Kadar Bitumen Efektif	-	5,5	-	7,415
2	Kadar Bitumen Terserap	-	-	1,7	0,6364
3	Stabilitas Rendaman	kg	300	-	688,87
4	Stabilitas Sisa	%	50	-	602,21
5	Kadar Rongga	%	5	10	8,8
6	Tebal Film Bitumen	mikron	8	-	15,94
7	Tingkat Penyelimutan	%	75	-	80

(c)

Dari **Tabel 3.** dapat dilihat semua sudah memenuhi pemeriksaan karakteristik CAED kecuali nilai kadar rongga pada CAED mesh 20 dan mesh 40. Hal ini dikarenakan ukuran serbuk ban bekas yang besar sehingga tidak mengisi rongga yang ada pada campuran aspal.

## 5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian di atas dapat disimpulkan bahwa:

- Ukuran serbuk ban bekas berpengaruh terhadap parameter *marshall*, ukuran serbuk ban bekas dengan ukuran yang paling halus yaitu mesh 60 menunjukkan nilai stabilitas dan nilai VIM yang paling baik.

## 6. DAFTAR REFERENSI

- Asphalt Institute. (1997). *Mix Design Methods for Asphalt Concrete and Other Hot Mix Types, Manual Series No. 2 (MS-2)*, Six Edition, Lexington, Kentucky.
- ASTCM C16-03. (2018). *Standar Test Method For Load Testing Refractory Shapes At High Temperatures*. ASTM International
- Fajrina. (2014). *Analisis Karakteristik Campuran Aspal Emulsi Dingin (CAED) Bergradasi Rapat Menggunakan Filler Semen Portland*. ETD Unsyiah.
- Muliawan, I.W. (2011). *Analisis Karakteristik dan Peningkatan Stabilitas Campuran Aspal Emulsi Dingin (CAED)*. Tesis Program Pascasarjana Universitas Udayana, Bali.
- SNI 4798:2011. (2011). *Spesifikasi Aspal Emulsi Kationik*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Sugianto, G. (2008, February), (*Kajian Karakteristik Campuran Hot Rolled Asphalt akibat Penambahan Limbah Serbuk Ban Bekas.*) *Jurnal Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta*
- Sukirman, S. (1992). *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: Nova.
- Thanaya, I.N.A. (2007). *Review and Recommendation of Cold Asphalt Emulsion Mixtures (CAEMs)*

- Design*. Civil Engineering Dimension, Vol. 9, No. 1, 49–56, Maret 2007.
- Thanaya, I.N.A. (2007). *Evaluating and Improving the Performance of Cold Asphalt Emulsion Mixes*. Civil Engineering Dimension, Vol. 9, No. 2, 64-69, September 2007.
- Zentino, H., Sivananda, O.D. (2016). *Pengaruh Penambahan Serat Ijuk terhadap Stabilitas Campuran Aspal Emulsi Dingin*. Jurnal Dimensi Pratama Teknik, Universitas Kristen Surabaya.
- Wulandari, P.S, Tjandra, D. (2016). *Use of Crumb Rubber as an Additive in Asphalt Concrete Mixture*. Procedia Engineering 171, 1384-1389.