

# ANALISIS CAMPURAN ASPAL EMULSI BERGRADASI TERBUKA BERDASARKAN JUMLAH TUMBUKAN DAN WAKTU CURING

Christian<sup>1</sup>, Aswin Alfredo<sup>2</sup>, Paravita Sri Wulandari<sup>3</sup>

**ABSTRAK :** Bahan utama yang biasa dipakai untuk pembangunan jalan di Indonesia yaitu aspal panas. (Tanadi, Hartanto & Wulandari, 2019). Salah satu kekurangan aspal panas yaitu tidak tahan terhadap genangan air. Solusi yang dikembangkan dan diteliti saat ini yaitu CAED (Campuran Aspal Emulsi Dingin). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai stabilitas rendaman berdasarkan variasi jumlah tumbukan. Aspal yang digunakan adalah aspal CSS-1H dari PT. Bangun Olah Bitumen (BOB). Penelitian ini juga dilakukan pada masa *curing* 0 hari dan 7 hari dari hasil KARO ( Kadar Aspal Residu Optimum ) sebesar 7% untuk tumbukan 2x50, 5,5% untuk tumbukan 2x75, dan 6% untuk tumbukan 2x(2x75). Pada pengujian variasi masa *curing*, parameter yang digunakan ialah stabilitas, porositas, dan densitas. Pada masa *curing* 0 hari untuk kondisi kering untuk tumbukan 2x50, 2x75 dan 2x(2x75) secara berurutan didapat nilai stabilitas sebesar 607,37 kg, 505,36 kg, dan 1001,91 kg. Untuk kondisi rendaman sebesar 618,41 kg, 589,02 kg, dan 1189,55 kg. Sedangkan untuk curing 7 hari nilai stabilitas secara berurutan dalam kondisi kering sebesar 626,38 kg , 629,21 kg, dan 1076,47 kg. Sedangkan dalam kondisi rendaman sebesar 562,81 kg, 516,93 kg, dan 1090,13 kg. Sehingga dapat disimpulkan bahwa masa *curing* 7 hari menghasilkan stabilitas lebih tinggi dibandingkan dengan masa *curing* 0 hari.

**KATA KUNCI :** campuran aspal emulsi dingin, variasi jumlah tumbukan, variasi masa *curing*, gradasi agregat, pemadatan

## 1. PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Indonesia yang berada pada garis khatulistiwa menjadikan negara kita menjadi negara tropis. Negara tropis artinya negara yang hanya memiliki dua musim yaitu musim hujan dan musim kemarau. Di beberapa negara, faktor utama iklim mereka yaitu suhu atau tekanan udara. Berbeda dengan Indonesia yang ditentukan dengan faktor curah hujan. Salah satu jenis lapisan perkerasan jalan yang umum digunakan di Indonesia adalah Laston, yang terdiri dari campuran aspal keras, *filler*, dan juga agregat bergradasi menerus, yang dicampur dan dipadatkan pada suhu tertentu. Dalam penelitian ini, peneliti akan mencari batas-batas gradasi yang berada di batas atas dan batas bawah yang ideal melalui pengujian. Pengujian akan memeriksa pengaruh terhadap jumlah tumbukan dan juga masa curing.

### Rumusan Masalah

- Bagaimana pengaruh jumlah tumbukan pada Campuran Aspal Emulsi Dingin (CAED) bergradasi terbuka?
- Bagaimana pengaruh lama masa *curing* pada Campuran Aspal Emulsi Dingin (CAED) bergradasi terbuka?

---

1 Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, [m21416161@john.petra.ac.id](mailto:m21416161@john.petra.ac.id)

2 Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, [m21416185@john.petra.ac.id](mailto:m21416185@john.petra.ac.id)

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

### Tujuan Penelitian

- Menganalisis jumlah tumbukan pada Campuran Aspal Emulsi Dingin (CAED) bergradasi terbuka untuk mendapatkan nilai kepadatan kering terbesar.
- Menganalisis lama waktu *curing* pada Campuran Aspal Emulsi Dingin (CAED) bergradasi untuk mendapatkan kekuatan ultimit bila beratnya sudah konstan.

### Manfaat Penelitian

- Menambah wawasan mengenai pengaruh jumlah tumbukan pada Campuran Aspal Emulsi Dingin (CAED) bergradasi terbuka.
- Menambah wawasan mengenai pengaruh lama waktu *curing* pada Campuran Aspal Emulsi Dingin (CAED) bergradasi terbuka.

### Ruang Lingkup Penelitian

- Penelitian dilakukan di Laboratorium Perkerasan Jalan Universitas Kristen Petra.
- Menggunakan agregat yang berasal dari PT. Sunan Maria di Jember
- Menggunakan aspal emulsi dingin tipe *Cationic Slow Setting-1Hard* (CSS-1H) berdasarkan SNI 4789-2011 yang diperoleh dari PT. Bangun Olah Bitumen
- Standar pengujian sesuai berdasarkan (Spesifikasi Umum Dewan Pekerjaan Umum Bina Marga, 2018) dan Standar Nasional Indonesia (SNI)
- Variasi jumlah tumbukan 2 x 50 , 2 x 75 , 2 x 2 x 75
- Variasi lama masa *curing* selama 0 dan 7 hari

## 2. LANDASAN TEORI

### Campuran Aspal Emulsi Dingin (CAED)

Campuran Aspal Emulsi Dingin atau yang lebih dikenal CAED merupakan campuran aspal keras yang diemulsikan ke dalam air dan agregat tanpa memerlukan adanya pemanasan.

### Estimasi Kadar Aspal Emulsi Awal

Kadar aspal emulsi awal merupakan kadar aspal awal yang diperlukan dalam menentukan Kadar Aspal Optimum diperoleh dengan rumus empiris :

$$P = (0.05 A + 0.1 b + 0.5 C) \times 0.7$$

A = Agregat kasar yang tertahan saringan 2.36 mm (%)

B = Agregat halus yang melewati saringan 2.36 mm dan tertahan pada 0.075 mm (%)

C = Agregat yang melewati 0.075 mm (%)

Selanjutnya, Kadar Aspal Emulsi (KAE) awal terhadap berat total campuran dapat dihitung dengan:

$$\text{KAE Awal} = \left(\frac{P}{X}\right)\% \quad (2)$$

dimana:

P = Kadar residu aspal (%)

X = Kadar residu dari aspal emulsi (%)

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian kali ini, akan dijelaskan mengenai bahan uji dan alat-alat yang akan digunakan dalam penelitian, tahapan kerja penelitian, dan prosedur pengujian yang dilakukan dalam penelitian.

Berikut langkah-langkah pembuatan benda uji KARO pada CAED :

1. Agregat diayak berdasarkan nomor ayakan yang diperlukan menggunakan mesin ayakan
2. Agregat yang sudah diayak, kemudian ditimbang sesuai dengan perhitungan excel berdasarkan kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7%.
3. Mencampurkan agregat pada wajan dengan kadar air sebesar 2% dan aspal sesuai dengan kadar yang telah ditentukan hingga tercampurkan dengan baik.
4. Kemudian campuran dipadatkan sesuai dengan jumlah tumbukan yang telah ditentukan untuk penelitian, yaitu 2 x 50, 2 x 75, 2 x (2 x 75).

5. Benda uji yang telah dipadatkan, dibiarkan di dalam mold selama 4x24 jam disuhu ruangan.
6. Sebelum dioven, benda uji di timbang terlebih dahulu kemudian dimasukkan kedalam oven selama 4 jam dengan suhu 40 C.
7. Benda uji di keluarkan dari oven dan di timbang, kemudian didinginkan selama 1 x 24 jam pada suhu ruangan.
8. Setelah 24 jam, Benda uji dilepas dari mold kemudian direndam air dengan ketinggian setengah benda uji selama 1x24 jam secara bergantian.
9. Benda uji ditimbang dalam keadaan terendam dalam air lalu ditiriskan selama 30 menit. Kemudian benda uji ditimbang dalam keadaaan SSD.
10. Mengukur ketinggian benda uji yang telah ditimbang dari 3 titik berbeda menggunakan jangka sorong.
11. Setelah pengukuran tinggi, kemudian dilakukan pengujian *marshall* untuk mendapatkan nilai stabilitas dan *flow* (kelelehan).

Pengambilan sampel benda uji yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu :

- a. Pengambilan agregat kasar dan halus yang berasal dari kota Jember yaitu PT. Sunan Maria.
- b. Penggunaan aspal emulsi tipe *Cationic Slow Setting-1Hard* (CSS-1h) diambil dari PT. Bangun Olah Bitumen (BOB).

Rancangan campuran benda uji dibuat pada variasi kadar aspal dengan menggunakan rumus  $P = (0.05 A + 0.1 b + 0.5 C) \times 0.7$  untuk menentukan kadar aspal optimum. Kemudian kinerja campuran aspal diperiksa dengan menggunakan alat pemeriksaan Marshall.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### Penentuan Kadar Aspal Emulsi

Berdasarkan kebutuhan agregat, akan dilakukan ayakan untuk mendapatkan berat agregat yang tertahan pada no. 8 dan no. 200 yang kemudian dimasukkan kedalam rumus persamaan untuk mendapatkan nilai kadar residu awal. Dapat dilihat pada **Tabel 1** menunjukkan kebutuhan berat agregat yang tertahan untuk setiap saringan. Dapat dilihat pada **Tabel 2** didapatkan nilai persentase tertahan dengan total A, B, dan C yang kemudian dimasukkan kedalam rumus persamaan untuk mendapatkan kadar residu awal.

Kadar Residu Batas Tengah:

$$P = [0,05 (A) + 0,1 (B) + 0,5 (C)] \times 0,7$$

$$= [(0,05 \times 60) + (0,1 \times 34,5) + (0,5 \times 5,5)] \times 0,7$$

$$P = 6,44\% = 6 \%$$

Dari penelitian ini, aspal yang digunakan berasal dari dari PT. Bangun Olah Bitumen (BOB) dengan jenis yang *Cationic Slow Setting-1 Hard* (CSS-1H). Dimana kadar residunya didapat sebesar 57,5% , Kemudian data-data tersebut dihitung untuk mendapatkan Kadar Aspal Emulsi (KAE).

$$\text{KAE terhadap campuran Batas Tengah. (Santoso \& Wulandari, 2020) } = (P/X)\%$$

$$= (6/57,5) \times 100\%$$

$$= 10,4\%$$

**Tabel 1. Berat Agregat Tertahan Batas Tengah pada Tiap Saringan**

Saringan	Batas Tengah (%)	Berat Lolos (gr)	Berat Tertahan (gr)
3/4"	100	1200	0
1/2"	95	1140	60
No. 4	57,5	690	450
No. 8	40	480	210
No. 50	12,5	150	330
No. 200	5,5	66	84
Dasar	0	0	66
		Total	1200

**Tabel 2. Gradasi Batas Tengah untuk Kadar Aspal Residu Awal**

Saringan		Berat yang Tertahan (gram)	Persentase Tertahan (%)	Notasi
Inch	mm			
No. 8	2,36	720	60	A
No. 200	0,075	414	34,5	B
Dasar	0	66	5,5	C
TOTAL		1200	100	

### **Penentuan Kadar Aspal Residu Optimum (KARO)**

Untuk menentukan Kadar Aspal Residu Optimum (KARO) dilakukan dengan metode rendaman. Penelitian ini menggunakan variasi KAE sebesar +1%, +0,5%, KAE Awal %, -0,5%, dan 1%. Untuk tiap variasi kadar aspal diberi 2% kadar air penyelimutan terhadap berat total agregat. Kemudian campuran agregat dipadatkan sesuai masing-masing jumlah tumbukan yang digunakan untuk penelitian yaitu sebesar 2 x 50, 2 x 75 dan 2 x (2 x 75). Parameter yang digunakan untuk menentukan nilai KARO ditinjau dari nilai stabilitas, *flow*, porositas(VIM), VMA, VFB, penyerapan air, densitas, tebal film aspal (TFA) dan Marshall quotient (MQ)

### **Stabilitas**

Untuk mendapatkan nilai stabilitas KARO, perlu dilakukan pengujian dengan metode rendaman. Nilai stabilitas memiliki batas spesifikasi minimum 300 kg. Untuk stabilitas jumlah tumbukan 2 x 50, untuk stabilitas jumlah tumbukan 2 x 75, untuk stabilitas jumlah tumbukan 2 x (2 x 75). Untuk tumbukan 2 x 50 stabilitas meningkat pada kadar aspal yang lebih rendah yaitu sebesar 7%. Untuk hasil stabilitas tumbukan 2 x 75 hasil maksimal yang didapatkan berada pada kadar aspal residu 5,5%. Sedangkan, nilai stabilitas untuk tumbukan 2 x (2 x 75) mencapai nilai maksimum pada kadar aspal residu 6%.

### **Flow**

*Flow* adalah besar perubahan bentuk plastis suatu benda uji yang diakibatkan oleh penambahan beban sehingga mencapai batas keruntuhannya. Nilai *flow* didapat bersamaan dengan pengujian marshall. Nilai *flow* tidak memiliki batas minimum maupun batas maksimum. Semakin tinggi nilai *flow* dapat mengakibatkan deformasi permanen pada campuran.

### **Void In Mixture (VIM)**

*Void in Mix* (VIM) adalah besaran rongga dalam campuran yang telah dipadatkan dan besarnya rongga campuran dinyatakan dalam persen. Berdasarkan spesifikasi Binamarga (2018), batas minimum dan batas maksimum untuk nilai VIM sebesar 10%-30%. Untuk tumbukan 2 x 50, keseluruhan kadar aspal masuk spesifikasi. Sedangkan untuk tumbukan 2 x 75 bersifat fluktuasi sehingga nilai VIM menjauhi spesifikasi pada kadar aspal yang rendah. Untuk tumbukan 2 x (2 x 75) dapat dilihat bahwa menunjukkan keseluruhan kadar aspal masuk spesifikasi Binamarga 2018.

### **Void In Mineral Agregate (VMA)**

VMA merupakan volume rongga yang terdapat di antara butir-butir agregat yang telah dipadatkan, termasuk didalamnya yaitu rongga udara dan rongga yang terisi aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat), yang dinyatakan dalam % terhadap volume total benda uji. Nilai VMA akan turun seiring dengan bertambahnya jumlah tumbukan pada campuran. Akibat dari tumbukan ini agregat dan aspal terus mengisi rongga-rongga yang ada, diantara pori-pori yang ditinggalkan oleh ikatan antar agregat, sehingga semakin padat campuran maka semakin sedikit rongga yang tersisa.

### **Void Filled with Bitumen (VFB)**

VFB merupakan rongga yang terisi aspal efektif tetapi tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat yang dinyatakan dalam persen. Nilai VFB didapatkan menggunakan persamaan 7. VFB merupakan kebalikan dari VIM, dimana semakin meningkatnya kadar aspal nilai VFB meningkat juga karena semakin banyak rongga yang terisi oleh aspal.

### Tebal Film Aspal (TFA)

TFA memiliki nilai spesifikasi minimum sebesar 8  $\mu$ . Untuk penelitian ini setiap kadar aspal pada tiap campuran memenuhi batas minimum spesifikasi tersebut

### Penentuan Nilai KARO

Hasil penelitian nilai KARO yang diperoleh dari pengujian yang dilakukan dengan metode rendaman, maka dapat diringkas dalam bentuk tabel untuk setiap kadar aspal dengan variasi jumlah tumbukannya. Untuk menentukan nilai KARO didalam penelitian ini penulis menggunakan parameter berdasarkan stabilitas, porositas (VIM), dan densitas. KARO dipilih berdasarkan stabilitas tinggi dan memenuhi syarat spesifikasi. Untuk tumbukan 2 x 50 berdasarkan hasil penelitian yang didapat nilai yaitu densitas tinggi dan stabilitas tinggi, serta porositas yang memenuhi syarat maka dipilih kadar aspal 7%. Untuk tumbukan 2 x 75 kadar aspal yang dipilih yaitu 5.5% dikarenakan nilai porositas memenuhi persyaratan.

Sedangkan, pada tumbukan 2 x (2 x 75) dipilih kadar aspal 6% dikarenakan nilai stabilitas yang cukup tinggi serta porositas yang memenuhi syarat spesifikasi. Dari hasil stabilitas yang didapatkan, terlihat bahwa jumlah tumbukan 2x75 lebih rendah dibandingkan dengan jumlah tumbukan 2x50 dan 2x2x75. Hal ini dipengaruhi oleh pencampuran kadar aspal yang kurang baik dengan agregat sehingga hasil yang didapatkan kurang maksimal.

### Tabel Hasil Masa Curing 0 dan 7 hari

Dapat dilihat pada **Tabel 3** dan **Tabel 4** menunjukkan nilai karakteristik CAED terhadap variasi jumlah tumbukan kondisi kering dan kondisi rendaman dengan masa curing 0 hari, sedangkan untuk menunjukkan nilai karakteristik CAED terhadap variasi jumlah tumbukan kondisi kering dan kondisi rendaman dengan masa curing 7 hari dapat dilihat pada **Tabel 5** dan **Tabel 6**.

**Tabel 3 Nilai Karakteristik CAED terhadap Variasi Jumlah Tumbukan Kondisi Kering dengan Masa Curing 0 Hari**

No	Karakteristik Campuran	Batas Stabilitas Kering			Standar Mutu
		2 x 50	2 x 75	2 x (2 x 75)	
1	Stabilitas Kering rata-rata (kg)	607.37	505.36	1001.91	>300kg
2	Flow rata-rata (mm)	8.55	6.69	8.30	-
3	Porositas (VIM) rata-rata (%)	12.08	12.95	10.28	10%-30%
4	VMA rata-rata (%)	24.70	22.56	21.19	-
5	VFB rata-rata (%)	51.45	42.89	51.62	-
6	Penyerapan Air (%)	1.43	1.55	1.43	Maks 4%
7	Densitas rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )	2.13	2.16	2.21	-
8	TFA rata-rata ( $\mu$ m)	48,798	36.088	40.280	>8 $\mu$ m
9	MQ rata-rata (kN/mm)	71.106	76.420	125.029	-

**Tabel 4 Nilai Karakteristik CAED terhadap Variasi Jumlah Tumbukan Kondisi Rendaman dengan Masa Curing 0 Hari**

No	Karakteristik Campuran	Batas Stabilitas Rendaman			Standar Mutu
		2 x 50	2 x 75	2 x (2 x 75)	
1	Stabilitas Rendaman rata-rata (kg)	618.41	589.02	1189.55	>300kg
2	Flow rata-rata (mm)	8.21	7.79	7.79	-
3	Porositas (VIM) rata-rata (%)	12.88	11.38	13.36	10%-30%
4	VMA rata-rata (%)	25.39	21.16	23.90	-
5	VFB rata-rata (%)	49.51	47.37	44.25	-
6	Penyerapan Air (%)	0.97	1.64	0.61	Maks 4%
7	Densitas rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )	2,11	2.20	2,13	-
8	TFA rata-rata ( $\mu$ m)	48.798	36.088	40.280	>8 $\mu$ m
9	MQ rata-rata (kN/mm)	85.315	87.839	158.638	-

**Tabel 5 Nilai Karakteristik CAED terhadap Variasi Jumlah Tumbukan Kondisi Kering dengan Masa Curing 7 Hari**

No	Karakteristik Campuran	Batas Stabilitas Kering			Standar Mutu
		2 x 50	2 x 75	2 x (2 x 75)	
1	Stabilitas Kering rata-rata (kg)	626.38	629.21	1076.47	>300kg
2	Flow rata-rata (mm)	6.77	6.43	6.86	-
3	Porositas (VIM) rata-rata (%)	13.16	10.63	11.18	10%-30%
4	VMA rata-rata (%)	25.64	20.50	21.99	-
5	VFB rata-rata (%)	48.65	48.36	49.15	
6	Penyerapan Air (%)	1.24	2.12	0.95	Maks 4%
7	Densitas rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )	2.10	2.21	2.18	-
8	TFA rata-rata (µm)	48.798	36.088	40.280	>8µm
9	MQ rata-rata (kN/mm)	92.560	97.732	157.901	-

**Tabel 6 Nilai Karakteristik CAED terhadap Variasi Jumlah Tumbukan Kondisi Rendaman dengan Masa Curing 7 Hari**

No	Karakteristik Campuran	Batas Stabilitas Rendaman			Standar Mutu
		2 x 50	2 x 75	2 x (2 x 75)	
1	Stabilitas Rendaman rata-rata (kg)	562.81	516.93	1090.13	>300kg
2	Flow rata-rata (mm)	6.43	5.84	6.69	-
3	Porositas (VIM) rata-rata (%)	10.34	10.73	11.31	10%-30%
4	VMA rata-rata (%)	23.22	20.58	22.10	-
5	VFB rata-rata (%)	55.73	48.06	48.82	-
6	Penyerapan Air (%)	1.25	1.52	0.76	Maks 4%
7	Densitas rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )	2.17	2.21	2,18	-
8	TFA rata-rata (µm)	48.798	36.088	40.280	>8µm
9	MQ rata-rata (kN/mm)	87.984	89.430	163.163	-

Ringkasan hasil penelitian untuk masa curing 0 hari dan 7 hari. Dari kedua masa *curing* yang telah diuji dapat dilihat untuk nilai stabilitas tumbukan 2 x 50 lebih tinggi daripada nilai stabilitas tumbukan 2 x 75 dan nilai stabilitas yang paling tinggi terdapat pada masa *curing* 7 hari. Pada jumlah tumbukan 2 x 50 terjadi pada masa *curing* kering 7 hari dengan stabilitas sebesar 626.38 kg dan pada jumlah tumbukan 2 x 75 sebesar 629.21 kg. Pada jumlah tumbukan 2 x 2 x 75 stabilitas tertinggi terjadi pada masa curing rendam 0 hari sebesar 1189.55 kg. Untuk nilai pada parameter porositas untuk setiap masa *curing* didapati keseragaman nilai porositas dan semua hasil untuk setiap variasi jumlah tumbukan memenuhi persyaratan spesifikasi. Nilai porositas cenderung beragam dan berdekatan dari semua jumlah tumbukan yang diberikan. Namun hasil porositas 2x50 didapati paling rendah, hal ini disebabkan karena jumlah tumbukan 2x50 menggunakan kadar aspal 7%. Sedangkan untuk nilai densitas pada penelitian ini beragam dan cenderung berdekatan satu sama lain. Namun nilai densitas tertinggi didapatkan pada hasil jumlah tumbukan 2x2x75. Dari hasil yang didapati jumlah tumbukan pada setiap masa *curing* memiliki hasil yang bervariasi. Untuk perbandingan, masa *curing* 7 hari memiliki stabilitas yang lebih baik. Hal ini dikarenakan campuran aspal emulsi dingin kurang kuat pada umur awal, sehingga memerlukan waktu yang lebih lama untuk melekat kuat antara aspal dengan agregat.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

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

1. Nilai kepadatan kering terbesar yang didapatkan pada Campuran Aspal Emulsi Dingin dengan gradasi terbuka yaitu untuk tumbukan 2 x 50 pada kadar aspal 5% dan 5.5% yakni sebesar 2.15%, untuk tumbukan 2 x 75 pada kadar aspal 5.5 % yakni sebesar 2.33%, dan untuk tumbukan 2 x (2x75) pada kadar aspal 5% sebesar 2.24%.
2. Hasil campuran KARO dengan variasi jumlah tumbukan terhadap masa *curing* 0 hari dan masa *curing* 7 hari menunjukkan pada masa *curing* 7 hari stabilitas meningkat dibandingkan nilai masa *curing* 0 hari.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini diusulkan beberapa saran untuk peneliti lain agar dapat mengembangkan penelitian ini lebih baik. sebagai berikut :

1. Penulis menyadari bahwa saat melakukan pengujian di laboratorium hasil pengujian belum sepenuhnya maksimal dikarenakan *human error* seperti ketidakteelitian ketika menimbang agregat, air, dan aspal,. Dan juga mesin ayakan yang kurang maksimal serta campuran yang kurang merata pada agregat. Sehingga diperlukan ketelitian dan focus yang lebih maksimal.
2. Dilakukan penelitian lebih lanjut tentang lama waktu curing agar mendapat stabilitas yang maksimal.
3. Perlu meneliti pengaruh variasi masa curing terhadap pemadatan campuran.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Santoso, G. G., & Wulandari, P. S. (2020). "Karakteristik Campuran Aspal Emulsi Dingin dengan Variasi Gradasi Agregat Batas Atas Hingga Batas Tengah" . *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*. 9(2), 179-186.
- Spesifikasi Umum Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga. (2018). "*Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur*". Spesifikasi Umum - Direktorat Jenderal Bina Marga <<https://binamarga.jatimprov.go.id/portal/>> (Agustus 24, 2021)
- Tanadi, B. G., Hartanto, W. B., Wulandari, P. S., & Patmadjaja, H. (2019). "Pengaruh Tundaan Pemadatan terhadap Karakteristik Campuran Aspal Emulsi Dingin". *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*. 8(2), 318-323.