

## **PENGARUH WAKTU TUNDAAN PEMADATAN TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL DINGIN DENGAN TAMBAHAN SEMEN**

Christopher Hansel Famdale<sup>1</sup>, Ocky Haryadi<sup>2</sup>, Paravita Sri Wulandari<sup>3</sup>, and Harry Patmadjaja<sup>4</sup>

**ABSTRAK :** Jalan aspal merupakan kebutuhan bagi setiap transportasi darat, karena kenyamanan yang diberikan oleh jalan aspal serta keamanannya. Jalan aspal saat ini sangat erat kaitannya dengan Campuran Aspal Panas (CAP). Campuran aspal panas yang memiliki dampak buruk bagi lingkungan menjadi isu terbesar penggunaan jalan aspal saat ini, karena saat aspal dipanaskan mengeluarkan banyak polusi udara. Untuk masa yang akan datang pasti akan ada solusi untuk masalah ini, salah satu solusi yang sekarang sedang dikembangkan adalah aspal emulsi, yang pemakaiannya tidak perlu dipanaskan. Aspal emulsi dapat dikelompokkan menurut jenis muatan listriknya dan menurut kecepatan pengerasannya. Karakteristik semen yang dapat menghidrasi kandungan air digunakan pada campuran aspal emulsi dingin untuk mempercepat waktu *setting*, dan dapat meningkatkan kekuatan awal (*early strength*) dari aspal emulsi. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, kadar semen optimum yang memenuhi spesifikasi sebesar 2%. Parameter dominan yang diperhatikan dalam campuran aspal emulsi dingin dengan tundaan waktu pematatan dengan tambahan semen adalah stabilitas dan VIM yang nilainya secara berturut-turut untuk tundaan 1 hari, 3 hari, dan 7 hari kondisi kering dan basah sebesar: 1 hari kering sebesar 586.27 kg, 11.13%; basah sebesar 577.91 kg, 11.62%; 3 hari kering sebesar 527.48 kg, 11.77%; basah sebesar 752.68 kg, 10.41%; 7 hari kering sebesar 669.39 kg, 12.68%; basah 786.26 kg, 12.75%. Tren nilai Stabilitas & VIM yang semakin membesar juga dipengaruhi karena elastisitas spesimen.

**KATA KUNCI:** campuran aspal emulsi dingin, gradasi agregat, karakteristik, semen, *delay*.

### **1. PENDAHULUAN**

Jalan aspal saat ini sangat erat kaitannya dengan Campuran Aspal Panas (CAP). Untuk masa yang akan datang pasti akan ada solusinya, salah satu solusi yang sekarang sedang dikembangkan adalah aspal emulsi, yang pemakaiannya tidak perlu dipanaskan. Otomatis dengan tanpa proses pemanasan akan lebih ramah lingkungan dan juga membuat efisiensi waktu dan biaya (Technokonstruksi, 2010).

Sampai saat ini belum ada metode yang tepat untuk membuat aspal emulsi menjadi pengganti Campuran Aspal Panas (CAP) (Thanaya, 2007). Dan juga tentunya perbedaan karakteristik agregat di setiap daerah yang menjadi bahan pokok pembuatan campuran aspal emulsi ini memiliki pengaruh besar terhadap kekuatan perkerasan jalan tersebut (Apriyanto, 2018). Maka dari itu dilakukan penelitian tentang aspal emulsi dingin khususnya, agar dapat memperoleh campuran yang pas, yang dapat digunakan untuk kepentingan penggantian Campuran Aspal Panas (CAP) ke aspal emulsi khususnya emulsi dingin. Semua ini dilakukan agar mengurangi pencemaran lingkungan yang selama ini terjadi akibat penggunaan Campuran Aspal Panas (CAP).

---

<sup>1</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, [m21414096@john.petra.ac.id](mailto:m21414096@john.petra.ac.id)

<sup>2</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, [m21414102@john.petra.ac.id](mailto:m21414102@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. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

### 2.1 Agregat

Agregat merupakan salah satu bahan utama dalam pembuatan aspal. Agregat yang digunakan bisa berupa batu pecah ataupun pasir. Agregat dibedakan menjadi: Agregat kasar adalah agregat yang lebih besar dari saringan no.8 (=2.36 mm), Agregat halus adalah agregat yang lebih kecil dari saringan no.8 (=2.36mm)

### 2.2 Gradasi Campuran Emulsi Bergradasi Rapat (CEBR)

Gradasi campuran emulsi bergradasi rapat digunakan sebagai penentu ukuran agregat yang akan dipakai untuk membuat suatu spesimen. Tipe – tipe gradasi campuran aspal emulsi bergradasi rapat mulai dari CEBR tipe I hingga tipe VI.

Aspal emulsi dapat dikelompokkan menurut jenis muatan listriknya dan menurut kecepatan pengerasannya. Berdasarkan muatan listriknya, aspal emulsi dapat dibedakan menjadi (Martens and Borgfeldt, 1985) Aspal emulsi kationik, Aspal emulsi anionik atau disebut aspal emulsi alkali, Aspal emulsi nonionik. Berdasarkan kecepatan pengerasannya, aspal emulsi tipe kationik dibedakan menjadi tiga, yaitu RS (*Rapid Setting*), MS (*Medium Setting*), SS (*Slow Setting*).

### 2.3 Spesifikasi Aspal Emulsi

Aspal emulsi digunakan sebagai bahan pengikat agregat pengganti aspal panas. Kualitas aspal emulsi yang digunakan harus sesuai dengan ketentuan dalam SNI, sehingga kualitas jalan yang dihasilkan sesuai standar yang berlaku.

### 2.4 Estimasi Kadar Aspal Emulsi Awal

Langkah pertama menghitung berapa kadar aspal residu awal, yang menggunakan rumus empiris (*Asphalt Institute*, MS 14, 1989):

$$P = (0.05 A + 0.1 B + 0.5 C) \times 0.7 \quad (2.1)$$

dimana :

P = % kadar aspal residu awal terhadap massa total campuran.

A = % agregat kasar yang tertahan saringan 2.36 mm.

B = % agregat halus yang melewati saringan 2.36 mm dan tertahan pada 0.075mm.

C = % agregat yang melewati 0.075 mm (*filler*).

Setelah mendapatkan % kadar aspal residu awal dapat dicari Kadar Aspal Emulsi (KAE) awal.

Kadar Residu Aspal (X)

$$\text{KAE awal} = (P / X) \% \quad (2.7)$$

dimana:

X = % kadar residu dari aspal emulsi.

### 2.5 Campuran Aspal Emulsi Dingin (CAED)

Aspal emulsi merupakan aspal yang didispersikan secara merata kedalam air. Untuk dapat mendispersikan aspal yang bersifat nonpolar kedalam air yang bersifat polar diperlukan bahan pengemulsi atau *emulsifier* yang molekulnya memiliki bagian polar dan nonpolar, bagian polar dari *emulsifier* akan larut dalam air, sedangkan bagian non polar akan larut dalam aspal. Secara umum, kekuatan CAED akan mengalami peningkatan sejalan dengan kecepatan penguapan air dalam campuran dan cocok untuk daerah yang beriklim panas serta diaplikasikan pada musim kemarau (Thanaya, 2003). Setelah dipadatkan spesimen CAED dibiarkan selama 1 hari pada suhu ruang. CAED dapat menghasilkan kekuatan tertinggi bila benda uji dibiarkan 1 hari pada suhu ruang (Thanaya, 2007).

Aspal emulsi berwujud cair dengan warna coklat kehitaman, termasuk tipe emulsi minyak yang dilakukan di dalam air di mana bitumen terdispersi dalam air. Tipe seperti ini dikenal sebagai *direct emulsion*. Agar terjadi emulsi diperlukan suatu bahan pengemulsi atau *emulsifier*. *Emulsifier* inilah

yang mempengaruhi muatan listrik aspal emulsi. sehingga untuk aspal emulsi kationik jenis *emulsifier*-nya adalah kationik pula.

## 2.6 Spesifikasi Campuran Aspal Emulsi Dingin (CAED)

Campuran Aspal Emulsi Dingin harus memenuhi persyaratan sesuai **Tabel 1**

**Tabel 1 Persyaratan Sifat Campuran**

Sifat Campuran		I	II	III	IV	V	VI
Kadar Bitumen Efektif	Minimum	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	7.5
Kadar Bitumen Terserap	Maksimum	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
Kadar Bitumen Total							
Minimum Sesungguhnya (% berat total campuran)	Minimum	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	8.0
Stabilitas Rendaman (kg)	Minimum	300	300	300	300	300	300
Stabilitas Sisa (% Stabilitas kering Semula sesudah 48 jam pada suhu ruang)	Minimum	50	50	50	50	50	50
Kadar rongga	Minimum	5	5	5	5	5	5
Potensial <sup>1)</sup> (% berat total campuran padat)	Maksimum	10	10	10	10	10	10
Penyerapan air (% berat total campuran padat)	Maksimum	4	4	4	4	4	4
Tebal film bitumen (mikron)	Minimum	8	8	8	8	8	8
Tingkat Penyelimutan (% total permukaan agregat)	Minimum	75	75	75	75	75	75
Tebal lapisan yang disyaratkan (mm)	Minimum	80	50	40	30	25	25
	Maksimum <sup>2)</sup>	150	100	100	75	75	75

Sumber: Spesifikasi Umum Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur (2018)

Parameter-parameter yang digunakan dalam pengujian adalah sebagai berikut: (*Asphalt Institute*, MS 19, 1997)

1. *Void In Mix* (VIM)
2. *Void Filled with Bitumen* (VFB) .
3. *Void in Mineral Aggregate* (VMA) .
4. Tebal film aspal

## 2.7 Semen

Karakteristik semen yang dapat menghidrasi kandungan air digunakan pada campuran aspal emulsi dingin untuk mempercepat waktu *setting*, dan dapat meningkatkan kekuatan awal (*early strenght*) dari aspal emulsi.(Fang et al., 2016). Semen portland digunakan dalam pembuatan aspal dingin karena semen ini biasa digunakan diseluruh dunia (Fang et al., 2016).

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Metode Pengumpulan Data

Dalam pengumpulan data untuk penelitian, penulis menggunakan dua metode yaitu:

- a. Studi literatur, untuk mempelajari penelitian-penelitian terdahulu dan kemudian dijadikan landasan teori pada penelitian ini.
- b. Pengujian di laboratorium berupa pemeriksaan benda uji yang akan digunakan, untuk memastikan kesesuaian benda uji yang dibutuhkan dalam menganalisis hasil penelitian. Jumlah benda uji yang dibuat sebanyak 69 yang dibagi menjadi 3 tahap, seperti pada **Tabel 3** sampai **Tabel 5**

### 3.2 Metode Persiapan Bahan

Metode pengambilan benda uji yang akan dilakukan:

- Agregat kasar dan halus didatangkan dari kota Jember, Jawa Timur yang digunakan untuk Campuran Aspal Emulsi Dingin (CAED).
- Aspal emulsi yang digunakan merupakan tipe *Cationic Slow Setting-1hard* (CSS-1h).

### 3.3 Pemeriksaan Bahan Agregat

Penelitian menggunakan spesifikasi agregat untuk Campuran Aspal Emulsi Dingin (CAED) seperti pada **Tabel 2**.

**Tabel 2 Ketentuan Agregat Kasar CAED**

Pengujian		Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	Natrium sulfat	SNI 3407 : 2008	Maks.12 %
	Magnesium sulfat		Maks. 18%
Abrasi dengan mesin Los Angeles pada 500 putaran		SNI 2417 : 2008	Maks. 40 %
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 03-2439-1991	Min. 95 %

Sumber : Spesifikasi Umum Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga (2018)

**Tabel 3 Total Benda Uji Tahap 1**

Kondisi	C (Gambar 2.1)	Total Benda Uji
KAE -1%	3	
KAE -0.5%	3	
KAE	3	
KAE +0.5%	3	
KAE +1%	3	
Total	15	15

**Tabel 4 Total Benda Uji Tahap 2**

Kondisi (KARO kondisi C) gambar 2.1	Rendaman	Kering	Total Benda Uji
PC 1,0%	3	3	6
PC 1,5%	3	3	6
PC 2,0%	3	3	6
PC 2,5%	3	3	6
PC 3,0%	3	3	6
Total	15	15	30

**Tabel 5 Total Benda Uji Tahap 3**

Kondisi (PC optimum) Delay	Rendaman	Kering	Total Benda Uji
0	3	3	6
1	3	3	6
3	3	3	6
7	3	3	6
Total	12	12	24

### 3.5 Pembuatan Benda Uji untuk Campuran Emulsi Bergradasi Rapat (CEBR) Tipe IV

Pembuatan benda uji untuk Campuran Emulsi Bergradasi Rapat (CEBR) tipe IV dilakukan dengan langkah-langkah berikut :

1. Agregat – agregat & aspal emulsi ditimbang hingga total 1200 gram dengan variasi kadar aspal sesuai *Job Mix Formula* (JMF).
2. Mencampurkan agregat yang sudah kering dengan kadar air penyelimutan optimum (2% dari berat total agregat) dan kadar aspal secara merata.
3. Campuran aspal kemudian dibungkus plastik & didiamkan (*delay*) selama 3, 5, dan 7 hari pada suhu ruangan.
4. Setelah waktu tundaan (*delay*) tercapai, kemudian campurkan semen dengan spesimen sesuai kadar semen optimum. Kadar optimum semen tersebut dikalikan dengan berat total spesimen (Fang et al., 2016)..
5. Setelah diberi semen kemudian spesimen dipadatkan dengan alat pemadat sebanyak 2x75 menggunakan alat pemadat (*compactor*).
6. Setelah aspal dipadatkan, aspal didiamkan di dalam *mold* selama 24 jam pada suhu ruang.
7. Setelah 24 jam, keluarkan aspal dari *mold* menggunakan alat.
8. Setelah itu campuran aspal ditimbang sebelum dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 40°C selama 24 jam. (Thanaya, 2007)
9. Setelah 24 jam di dalam oven, keluarkan spesimen dari oven untuk ditimbang kembali.
10. Untuk menentukan stabilitas kering langkah ini diabaikan. Untuk menentukan stabilitas rendaman benda uji ditimbang dan direndam air dengan ketinggian setengah benda uji secara bergantian selama 2x24 jam. (Thanaya, 2007)
11. Timbang benda uji dalam air dan *Saturated Surface Dry* (SSD) sebelum di uji *Marshall*.
12. Setelah itu benda uji ditimbang kemudian diukur tinggi benda uji seperti pada, kemudian dilakukan tes *marshall* untuk mendapat bacaan stabilitas dan kelelahan (*flow*)

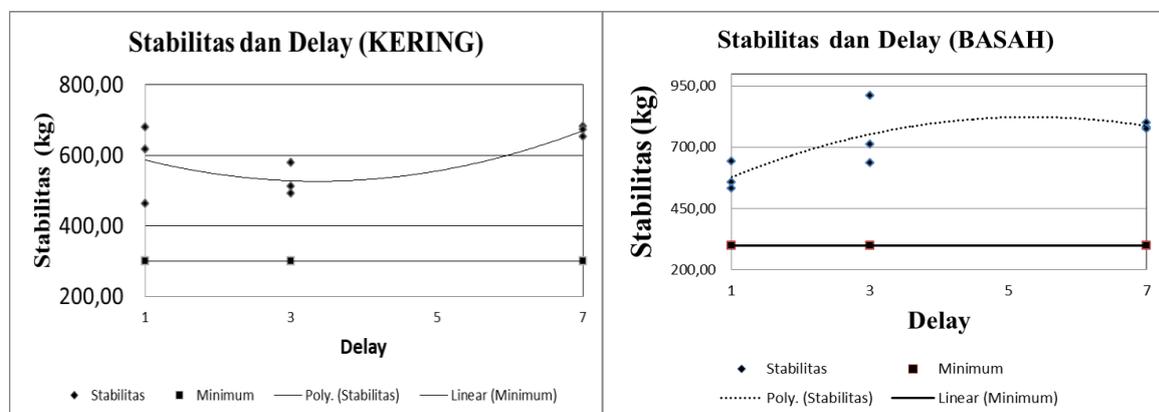
## 4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Menentukan Faktor *Delay* pada Aspal Dingin dengan Penambahan Semen

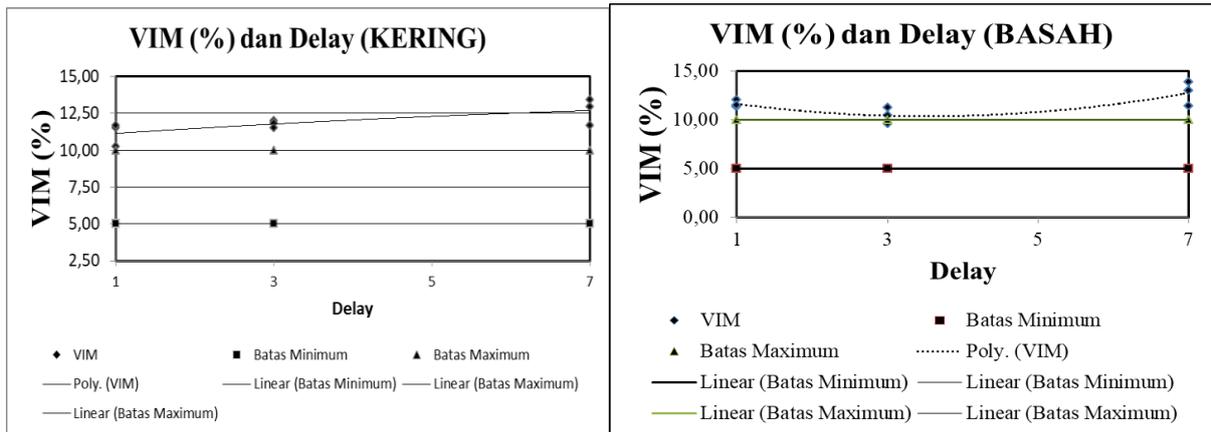
Untuk pengujian faktor *delay* kami gunakan 3 faktor yaitu 1 hari, 3 hari, dan 7 hari. Spesimen dengan *delay* sebelum pemadatan kemudian diuji *marshall* untuk mengetahui variabel *delay* manakah yang dapat diterapkan. Nilai – nilai yang kami gunakan dalam menentukan variabel *delay* adalah stabilitas, *flow*, VIM, VMA, TFA, VFB, Penyerapan air, densitas, dan MQ.

#### 4.1.1 Grafik Hasil Pengujian

Gambar 1 hingga Gambar 4 menunjukkan hubungan nilai stabilitas, dan VIM dengan *delay* dalam kondisi kering dan rendaman.



Gambar 1 & 2 Grafik Hubungan antara Stabilitas dan *Delay*



Gambar 3 & 4 Grafik Hubungan antara Stabilitas dan Delay

#### 4.1.2 Tabel Nilai Karakteristik

Pada Tabel 6 & Tabel 7 menunjukkan nilai karakteristik dari CAED yang telah melalui proses *delay* dan penambahan semen.

#### 4.1.3 Ringkasan Hasil Penelitian

Dari tahapan – tahapan penelitian yang telah dilakukan, didapati kadar semen optimum dan faktor *delay* yang optimum. Untuk kadar semen didapati sebesar 2% dan faktor *delay* yang optimum didapati pada *delay* hari ke – 7. Pemilihan nilai *delay* hari ke – 7 karena hasil dikondisi rendaman maupun kering didapati keseragaman di nilai VIM.

Tabel 6 Nilai Karakteristik CAED dengan penambahan Semen dengan Delay Time Kondisi Kering.

No.	Karakteristik Campuran	Delay (Hari)			Standar Mutu
		1	3	7	
1	Stabilitas Rendaman rata - rata (kg)	586,27	527,48	669,39	>300 kg
2	Flow rata - rata (mm)	11,68	8,21	13,21	-
3	Porositas (VIM) rata - rata (%)	11,13	11,77	12,68	5% - 10%
4	VMA rata - rata (%)	31,33	31,33	31,73	-
5	VFB rata - rata (%)	64,44	62,44	60,03	-
6	Penyerapan Air (%)	2,640	2,724	2,848	Maks. 4%
7	Densitas rata - rata (gr/cm <sup>3</sup> )	2,01	2,00	1,98	-
8	TFA rata - rata (µm)	30,27	30,27	30,27	>8µm
9	MQ rata - rata (kN/mm)	0,491	0,679	0,500	-

**Tabel 7 Nilai Karakteristik CAED dengan penambahan Semen dengan Delay Time Kondisi Basah.**

No.	Karakteristik Campuran	Delay (hari)			Standar Mutu
		1	3	7	
1	Stabilitas Rendaman rata - rata (kg)	577,91	752,68	786,26	>300 kg
2	Flow rata - rata (mm)	12,53	12,19	13,46	-
3	Porositas (VIM) rata - rata (%)	11,62	10,41	12,75	5% - 10%
4	VMA rata - rata (%)	29,27	28,74	30,52	-
5	VFB rata - rata (%)	60,32	63,83	58,23	-
6	Penyerapan Air (%)	2,887	2,682	2,306	Maks. 4%
7	Densitas rata - rata (gr/cm <sup>3</sup> )	2,00	2,03	1,97	-
8	TFA rata - rata (μm)	30,27	30,27	30,27	>8μm
9	MQ rata - rata (kN/mm)	0,463	0,614	0,573	-

## 5. KESIMPULAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dengan material agregat dari Jember yang menggunakan Campuran Emulsi Bergradasi Rapat (CEBR) tipe IV, dan aspal emulsi CSS-1h dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kadar aspal residu optimum yang memenuhi spesifikasi CAED sebesar 11.6%.
2. Kadar Semen optimum sebagai bahan aditif yang memenuhi spesifikasi sebesar 2%.
3. Karakteristik campuran pada setiap *delay* tidak memenuhi spesifikasi CAED yang telah ditentukan di tinjau dari parameter VIM. Tren nilai VIM yang semakin membesar juga dipengaruhi karena spesimen yang sudah mulai mengeras, sehingga saat dilakukan pencampuran dengan semen spesimen menjadi semakin getas. Saat dipadatkan menjadi lebih sulit.

### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, diharapkan penelitian ini dapat dilanjutkan oleh peneliti lain untuk memberikan tinjauan yang lebih dalam dan lebih dapat diaplikasikan ke pekerjaan. Maka, penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut :

1. Meneliti batas waktu maksimal tundaan yang dapat digunakan.
2. Melakukan penelitian tundaan pemadatan dengan menggunakan jumlah pemadatan sebanyak 2x(2x75).(I Nyoman Arya Thanaya, 2007)
3. Dilakukan penelitian lebih lanjut bagaimana penentuan jenis tundaan yang terpakai di lapangan.

## 6. REFERENSI

- Apriyanto, Yamali, F. R. (2018). Pengaruh Variasi Material yang Bergradasi Senjang pada Campuran Aspal Panas. *Jurnal Talenta Sipil*. 1(2):50-57.
- Asphalt Institute. (1997). *Asphalt Cold Mix Manual*. Manual Series no. 19 (MS - 19) , 3<sup>rd</sup> ed, Lexington, USA.
- Fang, X., Garcia-Hernandez, A., & Lura, P. (2016). Overview on Cold Cement Bitumen Emulsion Asphalt. *RILEM Technical Letters*, 1, 116. <https://doi.org/10.21809/rilemtechlett.2016.23>
- Thanaya, INA (2007). Review and Recommendation of Cold Asphalt Emulsion Mixtures Caems Design. *Civil Engineering Dimension*, 9(1), 49–56. <http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/civ/article/view/16590>
- Martens E.Q. dan Borgfeldt M.J..(1985). *Cationic Asphalt Emulsion*. Research Corporation, California.
- Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga (2018). *Spesifikasi Umum Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur Surabaya, Indonesia*

- Technokonstruksi. (2010). *Teknologi Aspal Emulsi untuk Menunjang Preservasi Jalan*. Techno Konstruksi, 54–57, Jakarta.
- Thanaya, I N.A. (2007). Review and Recommendation of Cold Asphalt Emulsion Mixtures (CAEMs) Design. *Journal of Civil Engineering Science and Application: Civil Engineering Dimension*. 9(1):49-55.
- Thanaya, I N.A. (2003). Utilization of Sustainable Materials in Cold Asphalt Emulsion Mixture for Lightly Trafficked Road. *The 6th International Student Conference at Ibaraki University ISCIU6*.