

# STUDI EKSPERIMENTAL PENAMBAHAN LIMBAH KERAMIK SEBAGAI AGREGAT HALUS PADA CAMPURAN LASTON (AC-WC) TERHADAP KARAKTERISTIK UJI MARSHALL

Kurnia Hadi Putra<sup>1)</sup> dan Jamila Wahdana<sup>1)</sup>

1) Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Jawa Timur

[kurnia\\_putra@itats.ac.id](mailto:kurnia_putra@itats.ac.id)

## ABSTRACT

*This study utilizes ceramic mashed waste as an addition to fine aggregate where the composition of fine aggregate (rock ash) will be reduced and replaced by ceramic waste. The purpose of this study was to determine the effect of adding ceramic waste in the mixture to the characteristics of the Marshall test and what is the optimum level of addition of ceramic waste. This study refers to the General Specifications of Bina Marga in 2018. The initial step in this research is the manufacture of specimens without ceramic waste with asphalt content of 5.3%, 5.8%, and 6.3% then Marshall test is performed to obtain KAO values (Optimum Asphalt Levels) that are equal to 5.8%. Furthermore, the manufacture of test specimens with the addition of ceramic waste will use KAO. From Marshall testing that has been done, the results that meet all specifications are the addition of ceramic waste levels by 25% which obtained VIM values of 4.09%, VMA values of 15.52%, VFB of 73.65%, flow values of 2.50 mm, the stability value is 1299.83 kg and the Marshall quotient value is 519.93 kg/mm.*

Keywords: laston AC - WC, ceramic waste fine aggregate, marshall test characteristics.

## ABSTRAK

*Penelitian ini memanfaatkan limbah keramik yang telah dihaluskan sebagai tambahan agregat halus dimana komposisi dari agregat halus (abu batu) akan dikurangi dan diganti oleh limbah keramik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah keramik dalam campuran tersebut terhadap karakteristik uji marshall dan berapa kadar optimum penambahan limbah keramik. Penelitian ini mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018. Langkah awal dalam penelitian ini adalah pembuatan benda uji tanpa limbah keramik dengan kadar aspal 5.3%, 5.8%, dan 6.3% kemudian dilakukan uji Marshall sehingga didapatkan nilai KAO (Kadar Aspal Optimum) yaitu sebesar 5.8%. Selanjutnya pembuatan benda uji dengan penambahan limbah keramik akan menggunakan KAO. Dari pengujian Marshall yang telah dilakukan, hasil yang memenuhi seluruh spesifikasi adalah pada penambahan kadar limbah keramik sebesar 25% dimana diperoleh nilai VIM sebesar 4.09%, nilai VMA sebesar 15.52%, VFB sebesar 73.65%, nilai flow sebesar 2.50 mm, nilai stabilitas sebesar 1299.83 kg dan nilai Marshall Quotient sebesar 519.93 kg/mm.*

Kata Kunci: laston AC – WC, agregat halus limbah keramik, karakterisitik uji marshall.

## 1 PENDAHULUAN

*Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) merupakan lapis permukaan yang memiliki tekstur paling halus dibandingkan dengan jenis laston lainnya. AC-WC mempunyai gradasi rapat dan memiliki sedikit rongga dalam struktur agregatnya sehingga lebih peka terhadap variasi dalam proporsi campuran. Lapisan tersebut merupakan lapisan yang langsung bergesekan dengan roda kendaraan sehingga rentan terjadi kerusakan. Bahan mentah keramik bersifat keras, ringan, tegar, tahan api dan korosi. Bahan mentah keramik adalah kumpulan mineral atau batuan yang merupakan bahan dasar dari pembuatan keramik baik dari keadaan asli maupun setelah diproses. Dalam pembuatannya, keramik menggunakan bahan-bahan senyawa anorganik dan non-logam (Hartomo, 1994). Bahan mentah keramik antara lain adalah lempung (*clay*), *kaolin*, *feldspar*, dan *kuarsa*. Kandungan utama dalam pembuatan keramik adalah lempung (*clay*), dimana lempung memiliki sifat plastisitas yang tinggi dan kekuatannya dapat bertahan pada suhu tinggi. Sehingga cocok digunakan sebagai campuran perkerasan jalan karena dalam pencampurannya bahan-bahan yang digunakan harus dipanaskan pada suhu tertentu dan jika dipanaskan melebihi suhu

yang dapat diterima oleh bahan tersebut maka karakteristik akan rusak.

## 2 KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 Definisi Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak diantara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan. Fungsi perkerasan jalan adalah untuk memberikan pelayanan untuk sarana transportasi dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Dalam suatu perencanaan perkerasan jalan harus sesuai dengan mutu yang diharapkan, maka sangat diperlukan pengetahuan tentang sifat, pengadaan, dan pengolahan dari bahan penyusun perkerasan jalan (Sukirman, 1999).

### 2.2 Campuran Agregat Halus (Limbah Pecahan Keramik)

Bahan mentah yang terkandung pada keramik antara lain adalah *kaolin*, lempung, *feldspar*, dan *kuarsa*. Kandungan utama dalam pembuatan keramik adalah lempung (*clay*), dimana lempung memiliki sifat plastisitas yang tinggi dan kekuatannya dapat bertahan pada suhu tinggi. Sehingga cocok digunakan sebagai campuran perkerasan jalan karena dalam pencampurannya bahan-bahan yang digunakan harus dipanaskan pada suhu tertentu dan jika dipanaskan melebihi suhu

yang dapat diterima oleh bahan tersebut maka akan karakteristik akan rusak. Kandungan senyawa kimia pada bahan mentah pembuatan keramik adalah:

**Tabel 1. Kandungan Kimia Keramik**

Bahan Mentah Keramik	Kandungan Kimia
Lempung	<i>Silika (SiO<sub>2</sub>)</i> <i>Alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)</i>
<i>Kaolin</i>	<i>KAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub></i> <i>HAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub></i> <i>2HAlSiO<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>O</i>
<i>Feldspar</i>	<i>(Si<sub>3</sub>Al)O<sub>8</sub>K</i> <i>(Si<sub>3</sub>Al)O<sub>8</sub>Na</i> <i>(Si<sub>3</sub>Al)O<sub>8</sub>Ca</i>
Kuarsa	<i>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i> <i>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i> <i>Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i> <i>Na<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i> <i>TiO<sub>2</sub></i> <i>KO<sub>2</sub></i>

### 2.3 Aspal Beton Lapis Aus/AC-WC

Lapisan aspal beton atau biasa disebut sebagai Laston merupakan lapisan perkerasan lentur. Lapisan aspal beton/laston adalah campuran merata antara agregat dan bahan pengikat (aspal) pada suhu tertentu. Sebelum proses pencampuran dilakukan maka agregat dan aspal harus dipanaskan terlebih dahulu. Lapisan campuran tipe AC-WC berfungsi sebagai lapis aus dengan tebal minimum 4.0 cm (Sukirman, 2003).

**Tabel 2. Ketentuan Sifat-sifat Campuran Laston (AC) Lapis Aus**

Sifat-sifat Campuran	Laston	
	Lapis Aus	
Jumlah tumbukan per bidang		75
Rongga dalam campuran (VIM) (%)	Min.	3.0
	Maks	5.0
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min.	15
Rongga terisi aspal (VFB) (%)	Min.	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	800
Pelelehan (mm)	Min.	2.0
	Maks.	4.0

Sumber: Anonim, 2018

### 2.4 Pengujian Marshall

Dalam pengujian *marshall* akan didapatkan nilai seperti:

#### 1. *Void in mix* (VIM)

Perbandingan antara persentase volume rongga terhadap volume total campuran padat/ nilai yang menunjukkan banyaknya rongga dalam suatu campuran yang dinyatakan dalam persen (%).

#### 2. *Voids in Mineral Aggregate* (VMA)

VMA adalah nilai yang menunjukkan besarnya volume pori diantara butir-butir agregat didalam campuran aspal.

### 3. *Voids Filled with Bitument* (VFB)

VFB adalah nilai yang menunjukkan besarnya rongga yang terisi oleh aspal yang dinyatakan dalam persen (%).

### 4. Kelelahan plastis (*flow*)

Kelelahan (*flow*) adalah besarnya bentuk plastis dari aspal beton yang diakibatkan oleh adanya beban sampai keruntuhan. Beberapa pengaruh dalam kelelahan (*flow*) adalah kadar aspal, *viskositas* aspal, gradasi agregat, dan temperatur pemadatan (Sukirman, 2003).

### 5. Stabilitas

Stabilitas merupakan kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap (Sukirman, 1999). Nilai stabilitas merupakan nilai yang didapat dari pembacaan arloji pengukur dikalikan dengan nilai kalibrasi alat.

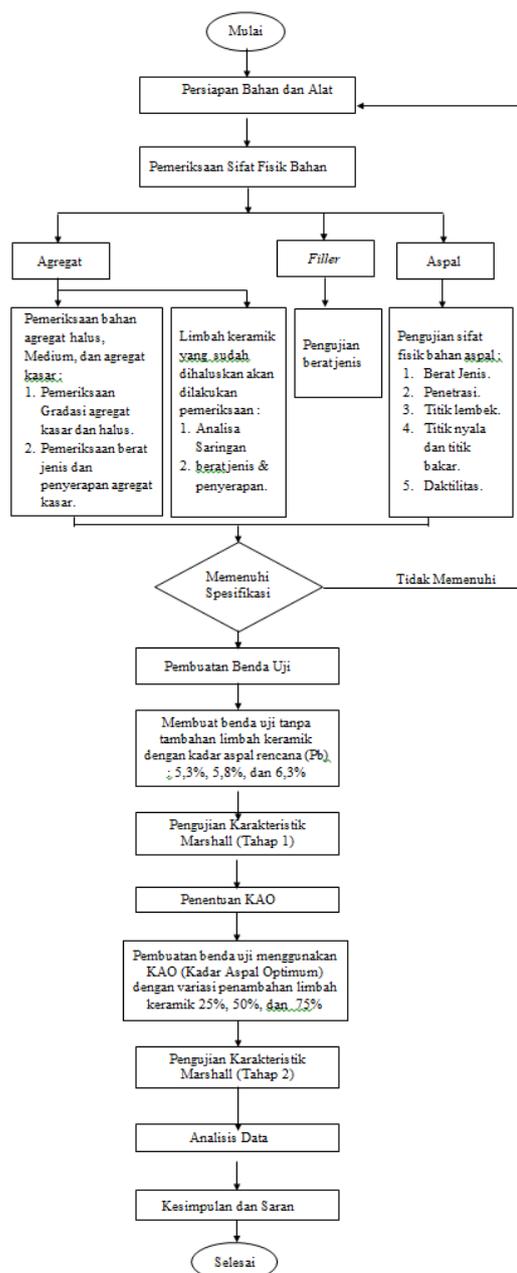
### 6. *Marshall Quotient* (MQ)

*Marshall Quotient* (MQ) yaitu perbandingan antara nilai stabilitas dan *flow*. Dipakai sebagai pendekatan terhadap tingkat kekakuan campuran aspal. Bila nilai kelelahan tinggi dan nilai stabilitas rendah maka campuran cenderung

*plastis*, tetapi jika angka kelelahan rendah dan stabilitas tinggi maka campuran menunjukkan sifat kaku (Sukirman, 2003)

## 3 METODE PENELITIAN

Metode penelitian dapat dilihat pada diagram alir berikut:



**Gambar 1. Alur Penelitian**

### 3.1 Pembuatan Benda Uji untuk Penentuan KAO

Setelah semua bahan yang digunakan memenuhi spesifikasi, tahap selanjutnya adalah pembuatan benda uji tanpa tambahan limbah keramik. Setelah pembuatan benda uji selesai maka langkah selanjutnya adalah melakukan *Marshall Test* tahap 1 yang bertujuan untuk mengetahui kadar aspal optimum yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji dengan penambahan kadar limbah keramik 25%, 50%, dan 75%. Untuk penjelasan lebih lanjut dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

**Tabel 3. Penentuan Jumlah Benda Uji Tanpa Tambahan Keramik**

Kadar Aspal Rencana	Jumlah Benda Uji
5.3 %	3
5.8 %	3
6.3 %	3
Total Benda Uji	9

### 3.2 Pembuatan Benda Uji dengan Tambahan Limbah Keramik

Pembuatan benda uji dengan tambahan limbah keramik dilakukan setelah diketahui kadar aspal optimum dari pengujian *Marshall* tahap 1. Kadar penambahan limbah keramik adalah 25%, 50%, dan 75% dari berat total agregat halus. Untuk penjelasan lebih lanjut dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

**Tabel 4. Penentuan Jumlah Benda Uji dengan Penambahan Limbah Keramik**

Kadar Penambahan Limbah Keramik	Jumlah Benda Uji
25%	3
50%	3
75%	3
Total Benda Uji	9

### 3.3 Pengujian yang dilakukan

Beberapa pengujian yang dilakukan pada aspal antar lain:

1. Pengujian berat jenis aspal  
Metode pengujian sesuai SNI 2441:2011.
2. Pengujian penetrasi  
Metode pengujian sesuai SNI 2456:2011.
3. Pengujian titik lembek  
Metode pengujian sesuai SNI 2434:2011.
4. Pengujian titik nyala dan titik bakar  
Metode pengujian sesuai SNI 2433:2011.
5. Pengujian daktilitas  
Metode pengujian sesuai SNI 2432:2011.

Setelah semua pengujian dilakukan, mulai dari pengujian sifat fisik bahan sampai dengan pengujian Marshall maka didapatkan nilai-nilai dari parameter *Marshall* (VMA, VIM, VFA, MQ, Stabilitas, dan *Flow*) dan dilakukan

analisis data sehingga akan diketahui bagaimana pengaruh penambahan keramik pada campuran aspal beton AC-WC.

## 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pengujian Aspal

Dalam penelitian ini aspal yang digunakan adalah aspal minyak dengan penetrasi 60/70. Pengujian dilakukan di laboratorium PT. Mix Pro Indonesia. Hasil Pengujian Aspal dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

**Tabel 5. Hasil Pengujian Aspal**

No	Jenis Pengujian	Sat	Spesifikasi		Hasil	Keterangan
			Min	Maks		
1	Berat Jenis		>1	-	1.033	Memenuhi
2	Penetrasi	mm	60	70	63.70	Memenuhi
3	Titik Lembek	°C	>48	-	49.25	Memenuhi
4	Titik Nyala	°C	232	-	318	Memenuhi
5	Titik Bakar	°C	232	-	321	Memenuhi
6	Daktilitas	cm	>100	-	140	Memenuhi

### 4.2 Pengujian Marshall untuk Menentukan KAO

Dalam penelitian ini seperti yang telah dijelaskan dalam metodologi penelitian sebelum melakukan penambahan limbah keramik pada pembuatan benda uji maka perlu dilakukan pembuatan benda uji tanpa limbah keramik sebanyak 3 sampel pada masing-masing kadar aspal rencana. Setelah pembuatan benda uji sebanyak 9 buah, maka langkah selanjutnya adalah melakukan tes *Marshall* tahap 1 yang bertujuan untuk mendapatkan nilai kadar aspal optimum.

Dari pengujian *Marshall* yang telah dilakukan, diketahui untuk kadar aspal 5.3% dan 6.3% nilai VIM nya tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga (2018) yang ditetapkan yaitu minimal 3 dan maksimal 5. Hasil VIM yang didapatkan pada kadar aspal 5.3% = 5.11 % dan 6.3 = 2.98 %. Sehingga dari hasil pengujian *Marshall* tahap 1, diketahui jika pada kadar aspal 5.8% seluruh parameter *Marshall* memenuhi spesifikasi Bina Marga (2018) selain itu dari 3 variasi kadar aspal rencana nilai stabilitas tertinggi yaitu pada kadar aspal 5.8%. Sehingga kadar aspal yang digunakan dalam pembuatan benda uji dengan penambahan limbah keramik adalah sebesar 5.8%. Hasil dari tes tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

**Tabel 6. Hasil Pengujian Marshall dengan Kadar Aspal 5.3 %**

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Satuan	Spesifikasi
1	VIM	5.11	%	3-5
2	VMA	15.38	%	Min 15
3	VFB	66.77	%	Min 65
4	Stabilitas	1097.20	Kg	Min 800
5	Flow	3.27	mm	2-4
6	Marshall Quotient	335.88	Kg/mm	

**Tabel 7. Hasil Pengujian Marshall dengan Kadar Aspal 5.8 %**

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Satuan	Spesifikasi
1	VIM	3.99	%	3-5
2	VMA	15.44	%	Min 15
3	VFB	74.13	%	Min 65
4	Stabilitas	1201	Kg	Min 800
5	Flow	3.50	mm	2-4
6	Marshall Quotient	343.14	Kg/mm	

**Tabel 8. Hasil Pengujian Marshall dengan Kadar Aspal 6.3 %**

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Satuan	Spesifikasi
1	VIM	2.98	%	3-5
2	VMA	15.59	%	Min 15
3	VFB	80.89	%	Min 65
4	Stabilitas	1087.31	Kg	Min 800
5	Flow	3.90	mm	2-4
6	Marshall Quotient	278.80	Kg/mm	

### 4.3 Hasil Pengujian Marshall dengan Penambahan Limbah Keramik

#### 4.3.1 Hasil Pengujian Marshall (25% Limbah Keramik)

Pada penambahan kadar limbah keramik sebesar 25% diketahui bahwa hasil yang didapatkan pada setiap pengujian telah memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan. Hasil pengujiannya dapat dilihat pada Tabel 9 dibawah ini:

**Tabel 9. Hasil Pengujian Marshall dengan Penambahan Limbah Keramik 25% dan Kadar Aspal 5.8%**

No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Sat.	Spesifikasi
1	VIM	4.09	%	3-5
2	VMA	15.52	%	Min 15
3	VFB	73.65	%	Min 65
4	Stabilitas	1299.83	Kg	Min 800
5	Flow	2.50	mm	2-4
6	Marshall Quotient	519.93	Kg/mm	

Berdasarkan hasil pengujian Marshall pada Tabel 9 menunjukkan bahwa peningkatan mutu campuran AC-WC dilihat dari nilai VIM 4.09%, VMA 15.52%, VFB 73.65%, Stabilitas 1299.83 Kg, Flow 2.5 mm dan MQ 519.93 Kg/mm.

#### 4.3.2 Hasil Pengujian Marshall (50% Limbah Keramik)

Pada penambahan kadar limbah keramik sebesar 50% diketahui bahwa nilai VIM dan VFB yang didapatkan tidak memenuhi spesifikasi. Hasil pengujiannya dapat dilihat pada Tabel 10 dibawah ini:

**Tabel 10. Hasil Pengujian Marshall dengan Penambahan Limbah Keramik 50% dan Kadar Aspal 5.8%**

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Sat.	Spesifikasi
1	VIM	7.87	%	3-5
2	VMA	18.85	%	Min 15
3	VFB	58.26	%	Min 65
4	Stabilitas	1126.85	Kg	Min 800
5	Flow	2.17	mm	2-4
6	Marshall Quotient	520.09	Kg/mm	

#### 4.3.3 Hasil Pengujian Marshall (75% Limbah Keramik)

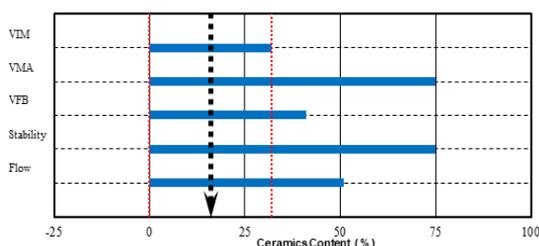
Pada penambahan kadar limbah keramik sebesar 75% diketahui bahwa nilai VIM, VFB, dan flow yang didapatkan tidak memenuhi spesifikasi. Hasil pengujiannya dapat dilihat pada Tabel 11 dibawah ini:

**Tabel 11. Hasil Pengujian Marshall dengan Penambahan Limbah Keramik 75% dan Kadar Aspal 5.8%**

No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Sat.	Spesifikasi
1	VIM	12.61	%	3-5
2	VMA	23.03	%	Min 15
3	VFB	45.24	%	Min 65
4	Stabilitas	1028.0	Kg	Min 800
5	Flow	1.73	mm	2-4
6	Marshall Quotient	593.080	Kg/mm	

#### 4.4 Kadar Optimum Penambahan Limbah Keramik

Dari hasil pengujian *marshall* dengan penambahan limbah keramik. kadar yang optimum untuk penambahan limbah keramik adalah sebesar 16.05%. Hasil tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



**Gambar 2. Kadar Optimum Penambahan Limbah Keramik**

## 5 SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

Dari analisis data serta pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan:

1. Limbah keramik dapat dijadikan bahan tambahan sebagai agregat halus dalam suatu campuran AC-WC dengan kadar yang tidak terlalu besar. Dari data yang diperoleh semakin besar kadar penambahan keramik maka stabilitas semakin menurun dan parameter *Marshall* banyak yang tidak memenuhi spesifikasi, hal tersebut dikarenakan limbah keramik terlalu menyerap aspal

sehingga campuran tidak bisa homogen. Hasil pengujian yang baik serta memenuhi seluruh parameter *Marshall* adalah pada kadar penambahan limbah keramik sebesar 25% dimana nilai stabilitasnya sebesar = 1299.83 kg, nilai tersebut lebih baik dibandingkan tanpa penambahan keramik. sedangkan nilai VIM = 4.09%, VMA = 15.52%, VFB = 73.65%, *Flow* = 2.5 mm dan MQ = 519.93 kg/mm.

2. Kadar optimum untuk penambahan limbah keramik adalah sebesar 16.05%.

### 5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan, dengan penambahan kadar limbah keramik yang lebih sedikit dan pengembangan penelitian dengan campuran yang berbeda seperti HRS-WC dan campuran lainnya.

## 4 DAFTAR PUSTAKA

Anonim. (2003). *RSNI M-01-2003 Tentang Metode Pengujian Campuran Beraspal Panas dengan Alat Marshall*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

- Anonim. (2011). *SNI 2432:2011 Tentang Cara Uji Daktilitas Aspal*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. (2011). *SNI 2433:2011 Tentang Cara Uji Titik Nyala dan Titik Bakar dengan Alat Cleveland Open Cup*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. (2011). *SNI 2434-2011 Tentang Metode Pengujian Titik Lembek Aspal dengan Alat Cincin dan Bola (Ring and Ball)*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. (2011). *SNI 2441-2011 Tentang Cara Uji Berat Jenis Aspal Keras*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. (2011). *SNI 2456:2011 Tentang Cara Uji Penetrasi Aspal*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. (2018). *Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6 Tahun 2018 Tentang Perkerasan Aspal*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Arliningtyas, S., & Nadia (2014). Analisa Kelayakan Limbah Keramik sebagai Pengganti Agregat Halus untuk Campuran Aspal Beton ditinjau dari Nilai Stabilitas Marshall. *Jurnal Konstruksia*, 8(1), 47-60.
- Hartomo, A.J. (1994). *Mengenal Keramik Modern*. Yogyakarta: Audio Offset.
- Raya S, S.E, Pratomo, P., & Herianto, D. (2015). Variasi Temperatur Pencampuran Terhadap Parameter Marshall pada Campuran Lapis Aspal Beton. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, 3(3), 455-468.
- Sukirman, S. (1999). *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: Nova.
- Sukirman, S. (2003). *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta: Granit.