

# KETAHANAN DI LINGKUNGAN ASAM, KUAT TEKAN DAN PENYUSUTAN BETON DENGAN 100% FLY ASH TANPA AKTIVATOR

Ryan Renaldo Wijaya<sup>1</sup>, Antoni<sup>2</sup>, Djwantoro Hardjito<sup>3</sup>

**ABSTRAK** : Penggunaan bahan sisa seperti *fly ash* pada beton sebagai pengganti semen semakin meningkat karena bahan sisa menyebabkan murahnya biaya konstruksi dan meningkatkan beberapa sifat fisik, mekanik, dan ketahanan pada beton di lingkungan yang ekstrim. Permasalahan yang terjadi saat ini adalah daya tahan beton *HVFA* (*High Volume Fly Ash*) pada jangka waktu lama. Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan pengujian terhadap ketahanan di lingkungan asam, kuat tekan dan penyusutan terhadap beton *HVFA* dengan penambahan boraks dan kalsium hidroksida. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa pada penambahan boraks dan kalsium hidroksida berperan positif baik ketahanan pada lingkungan asam maupun pada kekuatan tekan *HVFA* sampai umur beton 90 hari tetapi penambahan boraks hanya dapat meningkatkan kekuatan tekan beton sampai suatu titik tertentu. Selain itu penambahan boraks juga dapat meminimalkan penyusutan pada beton. Lebih dari itu, ketahanan beton *HVFA* pada lingkungan asam ternyata lebih baik dari beton dengan semen.

**KATA KUNCI** : 100% *fly ash*, *acid resistance*, beton, boraks, kalsium hidroksida, kuat tekan, penyusutan.

## 1. PENDAHULUAN

*Fly ash* merupakan produk yang terjadi akibat dari pembakaran batu bara pada pembangkit listrik tenaga termal dan diterima baik sebagai material pozzolan yang digunakan sebagai bahan campuran beton. Beton *High Volume Fly Ash* (*HVFA*), yang menggunakan 50-60% *fly ash* dari total kebutuhan semen sudah banyak digunakan (Wang & Park, 2015). Penggunaan bahan sisa seperti *fly ash* pada beton semakin meningkat karena bahan sisa menyebabkan murahnya biaya konstruksi dan meningkatkan beberapa sifat fisik, mekanik, dan ketahanan pada beton di lingkungan yang ekstrim (Sumer, 2012).

Berdasarkan dari hasil penelitian mengenai beton yang menggunakan 100% *fly ash* yang telah dilakukan dengan uji kuat tekan beton pada umur 7, 14, 28 hari menunjukkan bahwa penambahan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  memiliki peran dalam meningkatkan kuat tekan beton. Penelitian yang dilakukan menghasilkan beton tanpa semen yang diganti dengan 100% *fly ash* dan campurannya antara lain, *fly ash*, kalsium hidroksida, boraks, dan superplasticizer (SP) dengan kekuatan 39,79 MPa pada umur beton 28 hari Ardy, Ratika, Hardjito, & Antoni, (2016). Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai campuran beton tersebut untuk jangka waktu yang lebih panjang. Perhatian utama pada penggunaan beton yaitu mengenai kekuatan tekan beton pada bangunan baik untuk menahan berat bangunannya sendiri maupun gaya-gaya dari luar. Penyusutan dan serangan asam juga menjadi perhatian utama pada penggunaan beton karena kedua hal tersebut dapat menyebabkan retak serta korosi sehingga kekuatan tekan beton menurun.

---

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, [ren.renaldo@hotmail.com](mailto:ren.renaldo@hotmail.com)

<sup>2</sup>Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, [antoni@petra.ac.id](mailto:antoni@petra.ac.id)

<sup>3</sup>Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, [djwantoro.h@petra.ac.id](mailto:djwantoro.h@petra.ac.id)

## 2. RANCANGAN PENELITIAN

### 2.1 Material

*Fly ash* yang digunakan berasal dari PLTU Paiton, Probolinggo. Pada *fly ash* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *fly ash* kelas C yang memiliki kandungan CaO tinggi karenanya diharapkan dapat menggantikan penggunaan semen sebesar 100% dalam campuran beton. Untuk tingkat kehalusan, *fly ash* ini juga tertahan ayakan #325 (44 $\mu$ m) sebesar 12%. Daftar material yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 1**.

**Tabel 1. Material yang Digunakan**

Nama Material	Keterangan
<i>Fly Ash</i>	PLTU Paiton, Probolinggo
Semen	Semen Gresik
Pasir	Pasir Lumajang
Kalsium Hidroksida	Brataco
<i>Superplasticizer</i>	Sika ViscoCrete -1003
Boraks	Sodium Tetraborate 10-hydrate

### 2.2 Langkah Pembuatan Mortar

Pertama-tama, material dan peralatan yang dibutuhkan sesuai *mix design* disiapkan. Kemudian, boraks dilarutkan ke dalam air terlebih dahulu. Lalu agregat halus, *fly ash*, dan Ca(OH)<sub>2</sub> diaduk sampai merata. Setelah campuran merata, air dituangkan ke dalam campuran dan diaduk sampai merata lalu *superplasticizer* (SP) dituangkan ke dalam campuran dan diaduk selama 5 menit hingga SP bereaksi dan kelecakan mortar mencapai diameter *flow* 15 – 16 cm.

Selanjutnya, mortar dimasukkan ke dalam bekisting sebanyak 1/3 tinggi bekisting dan dirojok sebanyak 25 kali, lalu dimasukkan lagi hingga mencapai 2/3 tinggi bekisting dan dirojok sebanyak 25 kali kembali. Setelah itu, bekisting diisi hingga penuh, kemudian sisi samping bekisting dipukul sebanyak 25 kali tiap sisi sebagai pengganti *vibrator*. Setelah itu, mortar dalam bekisting mengalami penurunan sehingga perlu dilakukan penambahan mortar hingga bekisting terisi penuh dan permukaannya rata.

Mortar yang telah dicetak ke dalam bekisting didiamkan selama 3 hari hingga akhirnya bekisting dilepas agar permukaan benda uji halus dan tidak mengalami retak. Kemudian, curing dilakukan dengan cara merendam benda uji dalam kolam air hingga umur beton mencapai 28, 56, dan 90 hari.

### 2.3 Mix Design

*Mix design* beserta komposisi mortar yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 2**.

**Tabel 2. Mix Design dan Komposisi Mortar**

Kombinasi	FA (gr)	Semen (gr)	Pasir (gr)	Ca(OH) <sub>2</sub> (gr)	Air (gr)	SP (%)	Boraks (gr)
CH7,5 B1,2	277,5	0	600	22,5	69	0,53%	3,6
CH7,5 B1,5	277,5	0	600	22,5	69	0,53%	4,5
CH10 B1,5	270	0	600	30	69	1%	4,5
Semen	0	300	600	0	69	4%	0

## 2.4 Pengujian Sample

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini, yaitu kuat tekan, ketahanan di lingkungan asam dan penyusutan pada mortar. Uji kuat tekan dilakukan pada 28, 56, 90 hari dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine*, penimbangan berat sample untuk uji *acid resistance* menggunakan timbangan dan pengukuran penyusutan dilakukan dengan menggunakan *Micrometer Gauge*. Pengujian *acid resistance* dan penyusutan dilakukan tiap minggu. Untuk pengujian kuat tekan, sample uji dikeluarkan sehari sebelum pengetesan sehingga pada saat pengujian sample uji telah kering.

## 3. HASIL DAN ANALISIS

### 3.1 Analisa Kebutuhan Mortar Segar (Menentukan Kebutuhan SP)

Campuran mortar pada penelitian ini menggunakan air seminimal mungkin, yaitu w/cm 0,23 sehingga dibutuhkan penambahan additive seperti *superplasticizer* (SP) untuk meningkatkan *workability*. Diameter *flow* yang diharapkan ketika pasta mortar masih segar dibatasi 15-16 cm. Penggunaan SP beragam dalam persentase *cementitious* material yang digunakan. Semakin tinggi kadar kalsium hidroksida yang digunakan, semakin tinggi pula persentase SP yang dibutuhkan. Kebutuhan SP dan *flow* pada setiap *mix design* dapat dilihat pada **Tabel 3**.

**Tabel 3. Kebutuhan SP dan Flow**

<i>Mix Design</i>	<i>Flow</i> (cm)	SP (%)
CH7,5B1,2	16,00	0,53%
CH7,5B1,5	16,00	0,53%
CH10B1,5	16,00	1%
Cement	15,00	4%

### 3.2 Analisa Pengujian Kuat Tekan Mortar 100% Fly Ash

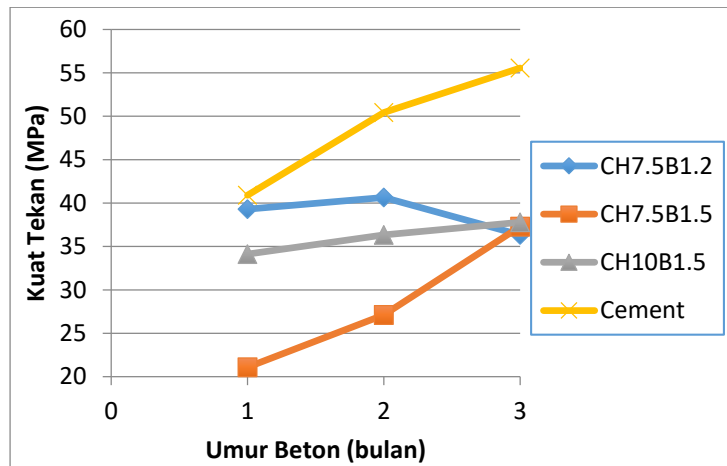
Pengujian kuat tekan mortar dilakukan dengan menggunakan kubus 5 x 5 x 5 cm pada umur beton 28, 56, 90 hari. Pengujian ini menganalisa kekuatan tekan mortar untuk jangka waktu lama serta menganalisa pengaruh kalsium hidroksida dan boraks pada kekuatan tekan mortar dengan mengikuti standar **ASTM C-109** untuk standar pengujian kekuatan tekan mortar. Hasil pengujian kuat tekan mortar dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Dari **Gambar 1** dapat dilihat bahwa penambahan boraks pada campuran mortar dapat meningkatkan kekuatan tekan mortar seperti yang dibahas pada penelitian Ardy, Ratika, Hardjito, & Antoni, (2016) tetapi ternyata peningkatan kekuatan dengan penambahan boraks hanya sampai suatu titik tertentu yang di mana ketika telah melewati titik tersebut yaitu penambahan boraks 1,2% dari total fly ash maka penambahan boraks tersebut malah menurunkan kekuatan tekan mortar. Kekuatan tekan mortar terus meningkat untuk ketiga *mix design* dengan 100% fly ash sampai umur mortar 90 hari. Secara keseluruhan, kuat tekan mortar tertinggi diperoleh oleh *mix design* CH7,5B1,2 yaitu 39,3 MPa pada umur mortar 28 hari dan 40,64 MPa pada umur mortar 56 hari tetapi kuat tekan mortar tertinggi pada umur mortar 90 hari diperoleh oleh *mix design* CH10B1,5. **Gambar 4.4** menunjukkan kondisi sebelum dan sesudah dilakukan pengujian kuat tekan terhadap benda uji.

Pada **Gambar 2** dapat dilihat kondisi sebelum dan sesudah pengujian kuat tekan mortar.

**Tabel 4. Hasil Pengujian Kuat Tekan**

Mix Design	Kuat Tekan Mortar (MPa)		
	Umur 28 hari	Umur 56 hari	Umur 90 hari
CH7,5B1,2	39,3	40,64	36,33
CH7,5B1,5	21,1	27,11	37,3
CH10B1,5	34,13	36,33	37,78
Cement	40,9	50,44	55,55



**Gambar 1. Grafik Perbandingan Kuat Tekan Mortar**



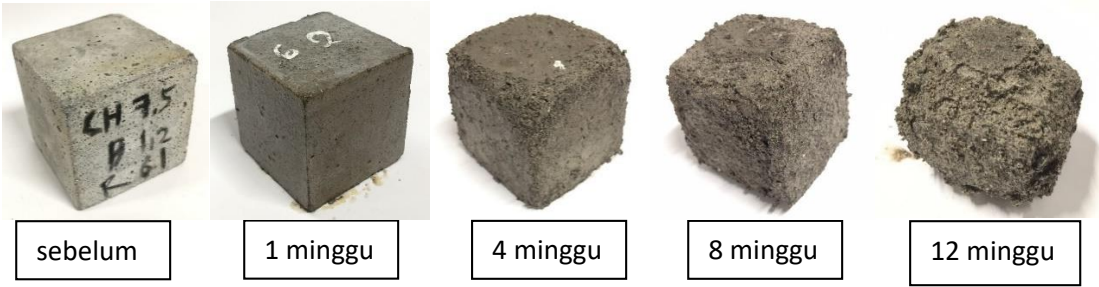
**Gambar 2. Kondisi Mortar Sebelum dan Sesudah Pengujian Kuat Tekan**

### 3.3 Analisa Pengujian Ketahanan Di Lingkungan Asam

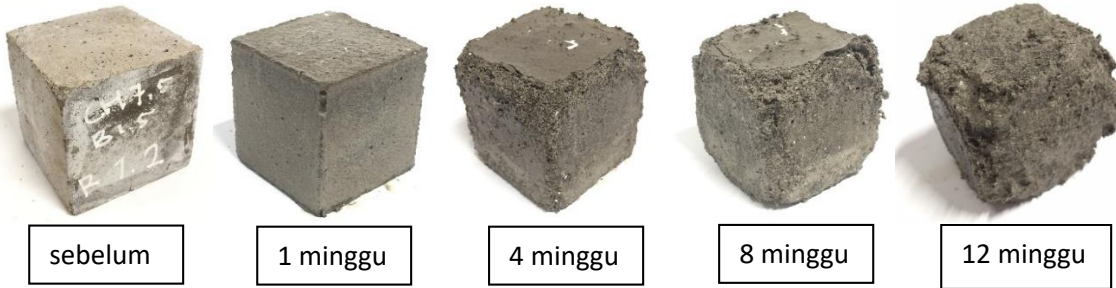
Pengujian ketahanan beton 100% fly ash dilakukan dengan merendam benda uji yang berukuran 5 x 5 x 5 cm dalam larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan konsentrasi 10% dan pH 1±0,1 yang ditimbang tiap minggu untuk mengevaluasi penurunan berat mortar berdasarkan jurnal dari Weber, (2005). Pengecekan pH larutan juga dilakukan secara rutin untuk menjaga pH tetap 1±0,1. Penggantian larutan dilakukan ketika pH telah melewati 1±0,1.

Perubahan bentuk pada mortar yang telah direndam dengan larutan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) 10% dengan pH  $1\pm 0,1$  dapat dilihat berturut pada **Gambar 3a**, **Gambar 3b**, **Gambar 3c** dan **Gambar 3d**. Mortar 100% *fly ash* lebih mampu dalam menjaga bentuknya daripada mortar tanpa *fly ash*.

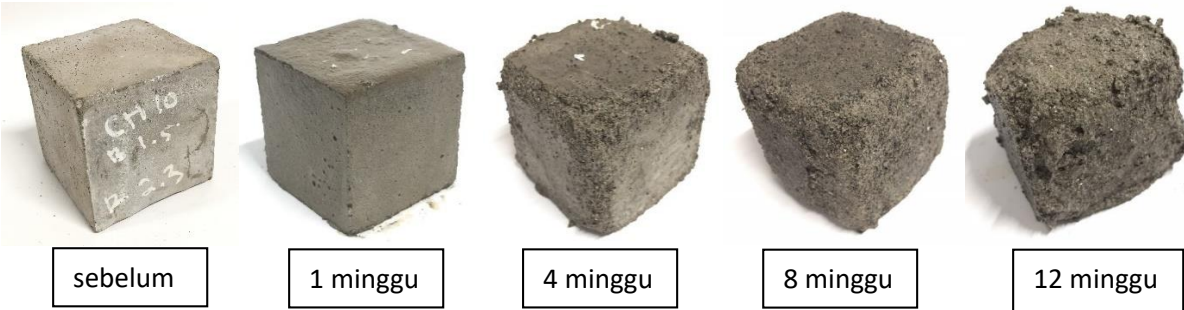
Penurunan berat beton setelah dilakukan perendaman dalam larutan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) dengan jangka waktu 90 hari dapat dilihat pada **Gambar 4** yang menunjukkan bahwa mortar dengan kandungan boraks yang lebih banyak mengalami penurunan berat yang lebih rendah. Hal itu menunjukkan bahwa boraks, selain dapat meningkatkan kekuatan tekan mortar dan memperlambat *setting time* ternyata dapat juga meningkatkan daya tahan mortar.



**Gambar 3a. Perubahan Bentuk Mortar CH7,5B1,2**



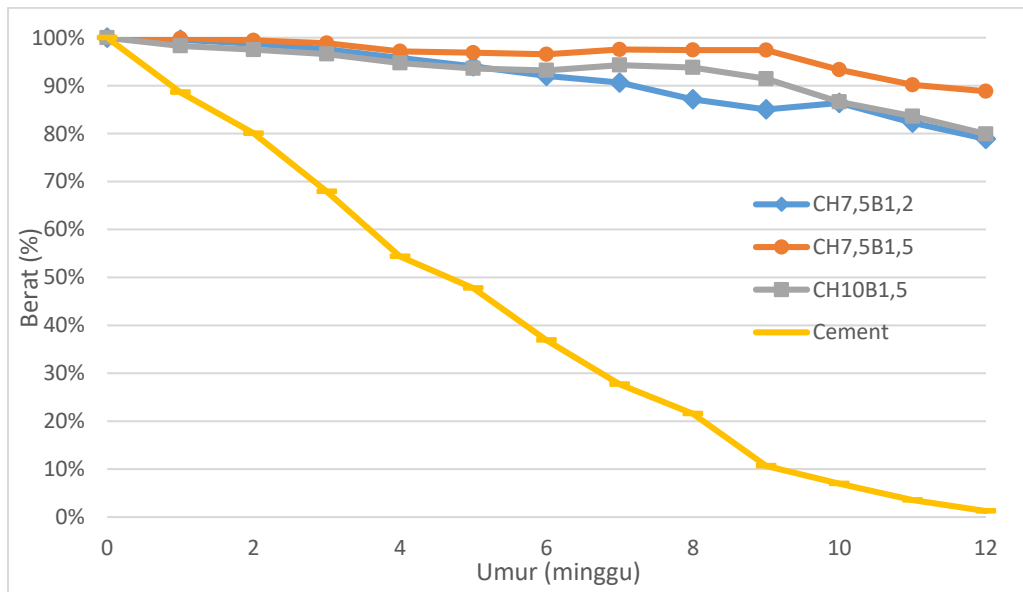
**Gambar 3b. Perubahan Bentuk Mortar CH7,5B1,5**



**Gambar 3c. Perubahan Bentuk Mortar CH10B1,5**



**Gambar 3d. Perubahan Bentuk Mortar Semen**

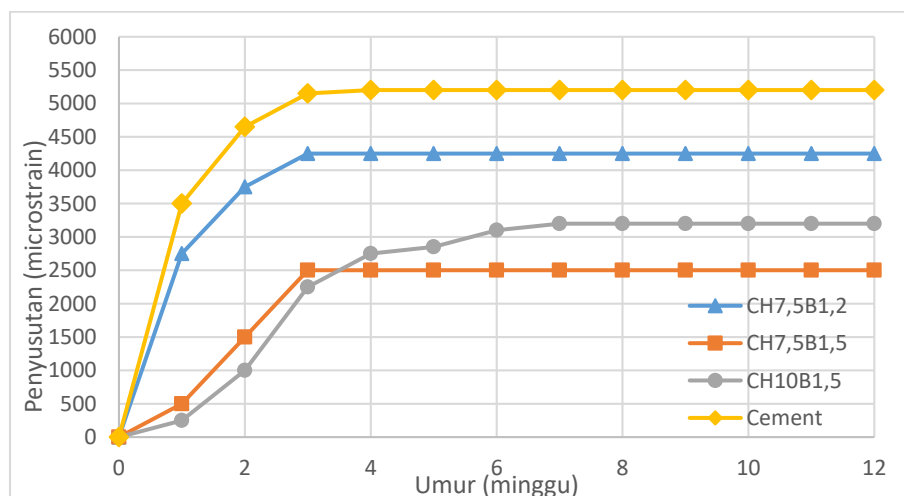


Gambar 4. Grafik Perbandingan Berat Mortar

### 3.4 Pengujian Penyusutan

Pengujian susut mortar 100% *fly ash* dilakukan dengan menggunakan alat *micrometer gauge*. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter 4cm dan panjang  $\pm 20$ cm. Pengujian ini berdasarkan **ASTM 596-01**. Pengukuran *shrinkage* dilakukan pada tempat yang jarang dijangkau oleh orang lain dikarenakan pengukuran *shrinkage* sangat rentan terhadap getaran yang dapat menyebabkan kesalahan pada bacaan *micrometer gauge*. Grafik penyusutan dapat dilihat pada **Gambar 5** yang menunjukkan bahwa mortar 100% *fly ash* mengalami penyusutan yang lebih rendah dari mortar tanpa *fly ash*. Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Atis & Sevim, (2004) diketahui bahwa semakin banyak kadar *fly ash* yang digunakan sebagai pengganti semen maka semakin rendah juga penyusutan yang terjadi.

Seperti yang diketahui semakin banyak kadar semen dalam campuran beton maka semakin tinggi tingkat penyusutan yang terjadi sehingga dari hasil penelitian yang telah dilakukan bahwa *fly ash* dapat digunakan sebagai material untuk mengurangi tingkat penyusutan pada beton.



Gambar 5. Grafik Perbandingan Perubahan Panjang antara Mortar

## 5. KESIMPULAN

1. Kuat tekan mortar 100% *fly ash* jika dibandingkan dengan konvensional yang tidak mengandung *fly ash* cukup baik apabila melihat bahwa kekuatan tekannya yang dapat mencapai  $\pm 80\%$  dari kekuatan mortar konvensional.
2. Ketahanan mortar 100% *fly ash* lebih baik dari mortar tanpa *fly ash* apabila dilihat dari penurunan berat dan juga kemampuan mortar untuk mempertahankan bentuknya pada lingkungan ekstrim yang memiliki tingkat keasaman pH  $1 \pm 0,1$  karena sifat pozzolan yang dimiliki oleh material *fly ash*.
3. Tingkat penyusutan pada mortar 100% *fly ash* lebih rendah dibandingkan dengan mortar konvensional yang hanya menggunakan semen sampai umur 90 hari. Material *fly ash* dapat digunakan sebagai material tambahan pada campuran mortar untuk mengurangi penyusutan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ardy, B., Ratika, D., Hardjito, D., & Antoni, P. (2016a). Beton 100% *Fly Ash* tanpa Aktivator. *Civil Engineering Petra*.
- ASTM C 109/C 109M – 02. (2000). *Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars, 04*, 1–6.
- ASTM C 596 – 01. (1971). *Standard Test Method for Drying Shrinkage of Mortar Containing Hydraulic Cement 1. ASTM C 596 – 01*, 2(4), 11–13.
- Atis, C. D., & Sevim, U. K. (2004). Strength and shrinkage properties of mortar containing a nonstandard high-calcium fly ash. *Cement and Concrete Research* 34, 34, 99–102. [http://doi.org/10.1016/S0008-8846\(03\)00247-3](http://doi.org/10.1016/S0008-8846(03)00247-3)
- Sumer, M. (2012). *Compressive Strength and Sulfate Resistance Properties of Concretes Containing Class F and Class C Fly Ashes. Construction and Building Materials*, 34, 531–536. <http://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.02.023>
- Wang, X.-Y., & Park, K.-B. (2015). *Analysis of Compressive Strength Development of Concrete Containing High Volume Fly Ash. Construction and Building Materials*, 98, 810–819. <http://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.08.099>
- Weber, E. D. (2005). *Procedure for Resistance of Concrete to Sulfuric acid.pdf. Utah, US: Department of Civil and Environmental Engineering*.