

KARAKTERISTIK MORTAR GEOPOLIMER DENGAN PERAWATAN OVEN PADA BERBAGAI VARIASI WAKTU CURING

Nurul Latifah Khoiriyah¹ dan Putri Maisytoh²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Konstruksi Gedung, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus Baru UI, Depok, 16425

Email: nurullatifah19@gmail.com, putri_maisytoh@hotmail.com

ABSTRACT

Geopolymer Mortars are a mortar mixtrure in which the based ingredients are not using Portland cement as a binder and was replaced by fly ash. The weather in Indonesia that often changed greatly affect the mortas. Cold weather lead to hydration process difficult to achive and difficult to obtain early strength of mortars. So, additional heat in maintenance activity mortar is needed. This study was to obtain physical and mechanical properties as well as the optimum curing time with oven treatment on geopolymer mortar. Research method is experimental method using variation of geopolymer mortar curing time with oven treatment at 6, 9, 12, 15 and 18 hours. The mortar composition using volume ratio 1 fly ash : 3 sand : 0,75 water and ratio of 0,4 water/binder. With the concentration of NaOH 9M and ratio Na₂SiO₃/NaOH 2. The results showed that the curing time of 12 hours produces physical and mechanical properties the best. Compressive strength and flexural strength of geopolymer mortar is produced respectively by 8,26 MPa and 2,862 MPa.

Keywords: fly ash, flexural strength, compressive strength, geopolymer mortar, treatment oven.

ABSTRAK

Mortar geopolimer merupakan campuran mortar di mana bahan dasarnya tidak menggunakan semen portland sebagai bahan pengikat dan digantikan oleh fly ash.. Cuaca di Indonesia yang sering berubah sangat berpengaruh pada mortar. Suhu dingin mengakibatkan proses hidrasi sulit dicapai dan kekuatan awal mortar sulit didapatkan. Maka diperlukan panas tambahan dalam kegiatan perawatan mortar. Tujuan dari penelitian ini untuk mendapatkan sifat fisik dan mekanik serta waktu curing optimum dengan perawatan oven pada mortar geopolimer. Metode penelitian ini adalah metode eksperimen dengan cara menggunakan beberapa variasi waktu curing mortar geopolimer dengan menggunakan perawatan oven pada waktu 6, 9, 12, 15 dan 18 jam. Komposisi mortar dengan perbandingan volume 1 fly ash : 3 Pasir : 0,75 air dan perbandingan 0,4 water/binder. Dengan konsentrasi NaOH 9 M dan perbandingan Na₂SiO₃/NaOH 2. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa waktu curing 12 jam menghasilkan sifat fisik dan mekanik yang paling baik. Kuat tekan dan kuat lentur mortar geopolimer yang dihasilkan adalah masing-masing sebesar 8,26 MPa dan 2,862 MPa.

Kata kunci: fly ash, kuat lentur, kuat tekan, mortar geopolimer, perawatan oven.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Dampak terhadap lingkungan akibat produksi semen telah menjadi masalah yang ini besar. Oleh sebab itu, untuk pengembangan di masa yang akan datang diperlukan usaha meminimalisasi penggunaan material konstruksi berupa semen yang dapat mempengaruhi lingkungan. Cuaca di Indonesia yang sering berubah sangat berpengaruh pada mortar. Suhu dingin mengakibatkan proses hidrasi sulit dicapai dan kekuatan awal mortar sulit didapatkan. Maka

diperlukan panas tambahan dalam kegiatan perawatan mortar. Perawatan yang digunakan adalah perawatan oven, yaitu perawatan mortar dengan mengoven mortar tersebut pada suhu dan waktu tertentu. Agar mortar tidak rusak maka pada saat di oven mortar dibungkus dengan menggunakan alumunium foil. Hasil penelitian (Susilowati dan Setyono, 2013) mengenai *dampak perawatan terhadap kuat tekan mortar geopolimer dengan berbagai variasi aktivator* menunjukkan bahwa perawatan dengan metode oven (90⁰ selama 24 jam) dapat

meningkatkan kuat tekan mortar geopolimer. Adapun peningkatan kekuatan tekanan pada umur 28 hari dengan oven (90° , selama 24 jam) lebih tinggi 56,91% dari perawatan pada suhu ruang dan perbandingan campuran yang optimum adalah 1 *fly ash* : 3 pasir dan perbandingan 0,4 aktivator dengan konsistensi 9M NaOH : Na_2SiO_3 1.

Mortar Geopolimer

Mortar Geopolymer adalah mortar dengan bahan pengikat yang sepenuhnya tidak menggunakan semen sebagai pengikat, tetapi menggunakan *fly ash* sebagai pengganti karena kandungan silika dan aluminyanya sangat tinggi. *Fly ash* yang digunakan diaktifkan dengan larutan alkali berupa Natrium Hidroksida dan Natrium Silikat sebagai katalisatornya. Penelitian ini bertujuan mempelajari dan melihat pengaruhnya dari pengerjaan dan pengujian kuat tekan mortar geopolymer serta pengaruhnya akibat variasi faktor air binder untuk diaplikasikan sebagai bahan repair material (Veliyati, 2010).

Adapun kelebihan mortar geopolimer yaitu tahan terhadap serangan asam sulfat, mempunyai rangkai dan susut yang kecil, tahan terhadap reaksi alkali-silika, tahan terhadap api, mengurangi polusi udara. Disamping kelebihan *Geopolymer Mortar* juga memiliki kekurangan diantaranya pembuatannya sedikit lebih rumit dari mortar konvensional karena jumlah material yang digunakan lebih banyak daripada konvensional serta belum ada perhitungan *mix design* yang pasti (Veliyati, 2010).

Alkali Aktivator

Aktivator merupakan zat atau unsur yang menyebabkan zat atau unsur lain bereaksi. Dalam pembuatan *fly ash-based geopolymer mortar* ini, aktivator yang digunakan adalah unsur alkali yang terhidrasi yaitu Natrium hidroksida (NaOH) dan Natrium silikat (Na_2SiO_3). Natrium hidroksida berfungsi untuk

mereaksikan unsur-unsur Al dan Si yang terkandung dalam *fly ash* sehingga dapat menghasilkan ikatan polimer yang kuat, sedangkan natrium silikat mempunyai fungsi untuk mempercepat reaksi polimerisasi (Fitriani, 2010).

Proses Perawatan (Curing)

Perawatan berfungsi untuk menghindari panas hidrasi yang tidak diinginkan, terutama yang disebabkan oleh suhu. Sifat mortar yang akan dihasilkan, terutama dari segi kekuatannya, ditentukan oleh alat dan bahan yang digunakan pada proses *curing*. Selain itu metode yang digunakan dan lamanya proses *curing* juga berpengaruh. Oleh karena itu waktu-waktu untuk *curing* terjadwal dengan baik (Fitriani, 2010).

Reaksi Polimerisasi membutuhkan panas dalam prosesnya, oleh karena itu metode *curing* dengan menggunakan oven dengan suhu *curing* yang lebih tinggi dan waktu *curing* yang lebih lama cenderung lebih baik untuk menghasilkan mortar *geopolimer* dengan kuat tekan yang tinggi. Pada penelitian Budh & Warhade (2014) menunjukkan molaritas mortar geopolimer sangat berpengaruh pada kuat tekannya, oleh sebab itu proses perawatan (*curing*) menggunakan oven dengan suhu 85°C pada 48 jam menunjukkan bahwa molaritas dan kekuatannya juga meningkat.

METODE PENELITIAN

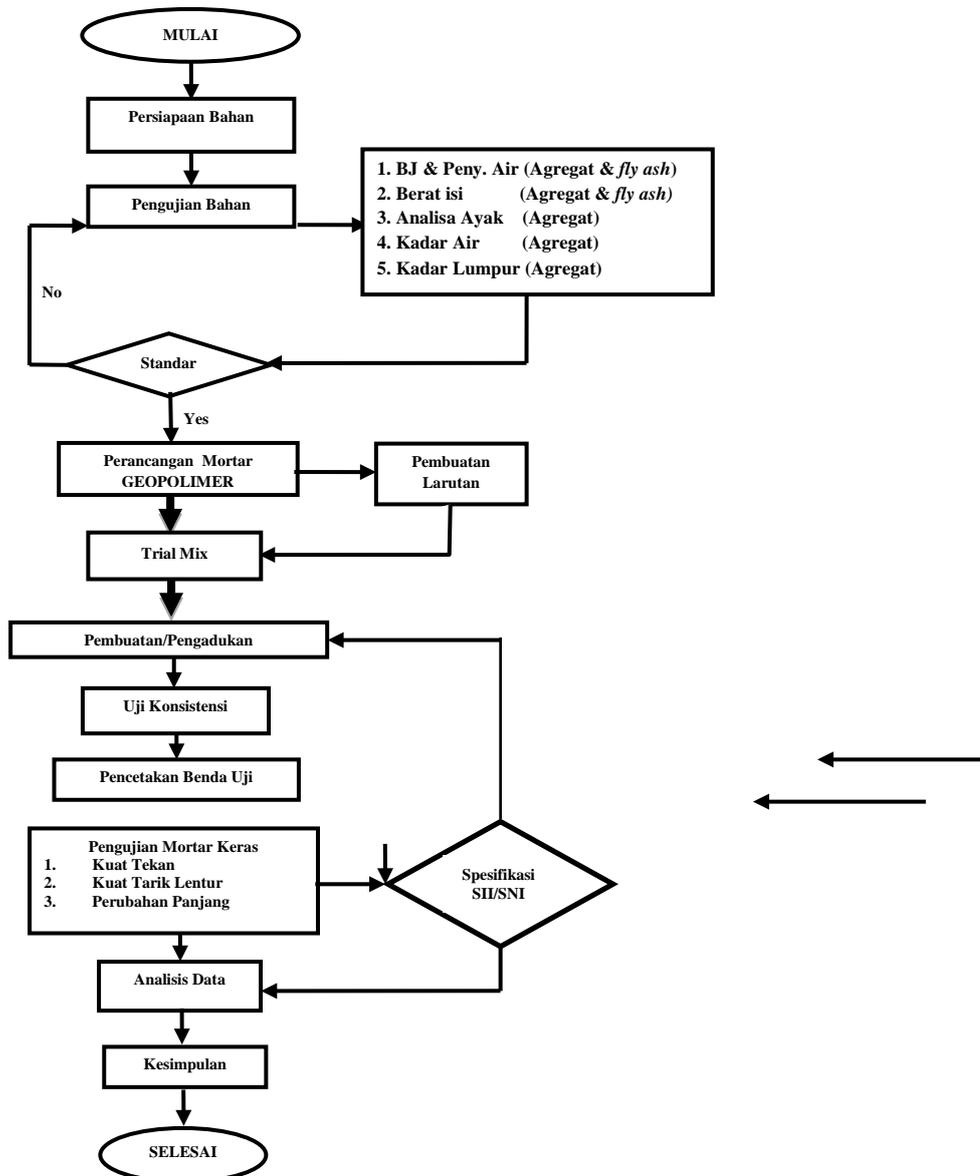
Penelitian dilakukan di laboratorium bahan PNJ (Politeknik Negeri Jakarta). Pada penelitian proyek akhir ini, digunakan metode eksperimen dengan cara menggunakan beberapa variasi waktu *curing* pada mortar geopolimer dengan menggunakan perawatan oven guna mendapatkan waktu *curing* mortar geopolimer yang tepat, yang menghasilkan sifat fisik dan mekanik optimum pada mortar geopolimer. Komposisi mortar dengan perbandingan volume 1 *fly ash* : 3 Pasir : 0,75 air : 0,4 *water/binder*. Dengan konsentrasi NaOH

9 M dan $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ 2. Variasi waktu *curing* menggunakan perawatan oven yaitu pada waktu 6, 9, 12, 15 dan 18 jam. Dalam melaksanakan eksperimen ini, dilakukan penelitian laboratorium sebagai berikut:

1. Pengujian bahan penelitian yang berupa pengujian *fly ash* dan pengujian agregat halus (pasir).

2. Pengujian benda uji mortar geopolimer pada umur 3, 7, 14, 21, dan 28 hari.

Penelitian dilakukan dengan empat tahap yang meliputi pengujian bahan baku, membuat rancang campur mortar geopolimer, pembuatan benda uji, dan analisis hasil pengujian. Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema Alur Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengujian terhadap agregat halus, fly ash dan mortar geopolimer, maka data yang didapat perlu

dilakukan analisis untuk mengetahui sifat-sifat dari agregat halus, fly ash, dan mortar geopolimer.

Hasil pengujian agregat halus

Tabel 1. Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat Halus

NO	PENGUJIAN	HASIL	STANDAR	KETERANGAN
I	Berat Jenis dan Penyerapan Air			
	- Berat Jenis (<i>Bulk Specific Gravity</i>)	2,15	2,2 - 2,7	Memenuhi persyaratan
	- Berat Jenis SSD	2,3		
	- Berat Jenis Semu	2,52		
- Penyerapan Air	6,9 %	-		
II	Berat Isi			
	- Berat Isi Lepas	1210,62 kg/m ³	min 1200 kg/m ³	Memenuhi persyaratan
	- Berat Isi Padat	1338,54 kg/m ³	min 1200 kg/m ³	Memenuhi persyaratan
	- Berat Isi Rata – Rata	1274,58 kg/m ³	min 1200 kg/m ³	Memenuhi persyaratan
- <i>Voids</i>	40,64%	< 50%	Memenuhi persyaratan	
III	Analisis Ayak			
- Angka Kehalusan	1,741	SNI 03-6861.1-2002 (1,5 - 3,8)	Memenuhi persyaratan	
IV	Kadar Air			
- Kadar Air	16,60%	-	agregat dalam keadaan basah karena kadar air > penyerapan air	
V	Kadar Lumpur			
- Kadar Lumpur	3,9%	5%	Memenuhi persyaratan	

Analisa Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air

Dari hasil uji berat jenis agregat halus didapat berat jenis rata-rata 2,152; berat jenis SSD rata-rata 2,300 dan berat jenis semu rata-rata 2,527. Berat jenis SSD rata-rata dan berat jenis semu rata-rata telah memenuhi persyaratan berat jenis normal yaitu antara 2,2-2,7. Dengan nilai tersebut maka agregat tersebut dapat diklasifikasikan agregat normal. Didapat angka penyerapan air rata-rata 6,90%.

Analisa Uji Berat Isi (*Unit Weight and Voids*)

Dari hasil uji berat isi pada agregat halus didapat berat isi rata-rata 1274,58 kg/m³, dimana nilai ini sudah memenuhi nilai berat isi agregat halus normal yaitu lebih besar dari 1200 kg/m³. *Voids* rata-rata didapat 40,64%, nilai ini masih memenuhi batas teoritis nilai *voids* yaitu maksimum 50%.

Analisa Uji Analisa Ayak

Dari hasil uji analisis ayak agregat halus, seluruh gradasi agregat halus memenuhi Standar Susunan Besar Butir Agregat Halus ASTM C 144-02. Adapun Angka kehalusan agregat halus didapat 1,741, nilai ini masih memenuhi SNI 03-6861.1-2002 yaitu antara 1,5-3,8. Agregat ini termasuk agregat halus, karena semakin tinggi angka kehalusannya, maka semakin kasar butirannya dan sebaliknya semakin kecil angka kehalusan, maka agregatnya semakin halus.

Analisa Uji Kadar Air

Dari hasil pengujian didapat kadar air rata-rata 16,60%. Jika dibandingkan dengan nilai penyerapan airnya yaitu 6,9%, maka dapat diambil kesimpulan bahwa agregat halus dalam keadaan basah karena kadar air lebih besar dibandingkan dengan nilai penyerapan airnya.

Analisa Uji Kadar Lumpur

Dari hasil pengujian didapat kadar lumpur rata-rata 3,9%. Nilai ini masih memenuhi nilai kadar lumpur berdasarkan SNI 03-6820-2002 yaitu tidak lebih dari 5%, maka agregat halus tidak perlu dicuci sebelum digunakan.

Hasil Pengujian *Fly Ash*

Tabel 2. Hasil pengujian *Fly Ash*

NO	PENGUJIAN	HASIL	STANDAR	KETERANGAN
I	Berat Jenis			
-	Berat Jenis	2,44	ACI Manual of Concrete Practice (2,2 - 2,8)	Memenuhi persyaratan
II	Berat Isi			
-	Berat Isi Lepas	1084,21 kg/m ³		
-	Berat Isi Padat	1219,60 kg/m ³		
-	Berat Isi Rata – Rata	1151,91 kg/m ³		

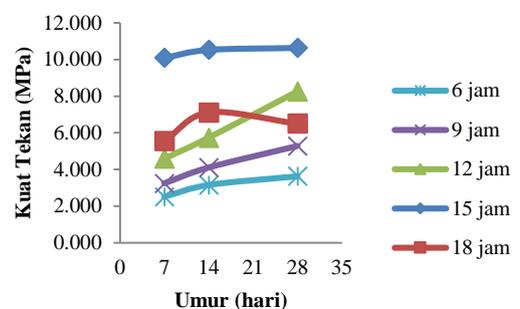
Analisa Pengujian Berat Jenis

Dari hasil uji berat jenis fly ash didapat berat jenis rata-rata 2,440. Nilai tersebut masih memenuhi syarat berat jenis fly ash berdasarkan *ACI Manual of Concrete Practice, 1003 parts 1 226. 3R-6* yaitu antara 2,2-2,8.

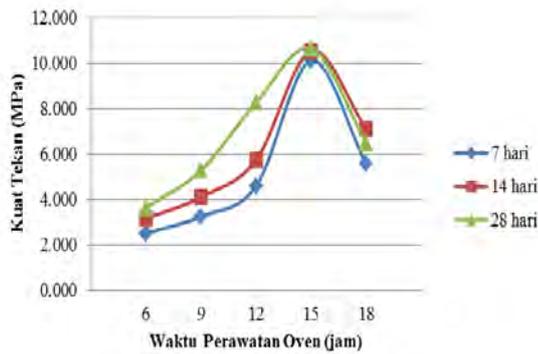
Analisa Pengujian Berat Isi (*Unit Weight and Voids*)

Dari hasil uji berat isi fly ash didapat berat isi fly ash rata-rata 1151,91 kg/m³ dan voids fly ash rata-rata 52,70%.

Hasil Pengujian Mortar Geopolimer Analisa Pengujian Kuat Tekan



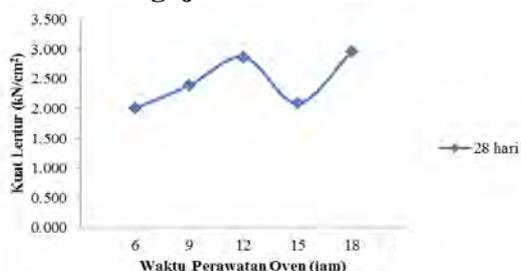
Gambar 1. Grafik hubungan umur pengujian terhadap kuat tekan mortar geopolimer



Gambar 2. Grafik hubungan waktu perawatan oven terhadap kuat tekan mortar geopolimer

Dari Gambar 1 dan Gambar 2, secara keseluruhan semakin lama umur mortar geopolimer kuat tekan semakin naik. Dari umur 7 hari hingga 28 hari untuk variasi 6 jam naik sebesar 30,94%; variasi 9 jam naik sebesar 38,56%; variasi 12 jam naik sebesar 44,39%; dan variasi 15 jam naik sebesar 5,04%. Adapun untuk variasi 18 jam, kuat tekan naik sebesar 21,95% dari umur 7 hari ke 14 hari dan turun sebesar 9,34% dari umur 14 hari ke 28 hari. Kuat tekan optimum umur 28 hari didapat pada variasi 15 jam, yaitu 10,635 MPa. Dilihat dari penelitian sebelumnya, Hardjito, dkk (2008) yang melakukan pengujian mortar geopolimer dengan perawatan oven 65°C dan hasil kuat tekannya berkisar 1.6Mpa - 20Mpa, dengan kuat tekan maksimum yang didapat dari penelitian ini masih berada dikisaran penelitian terdahulu, artinya penelitian ini dapat dilanjutkan dan diharapkan mendapat hasil yang lebih baik lagi.

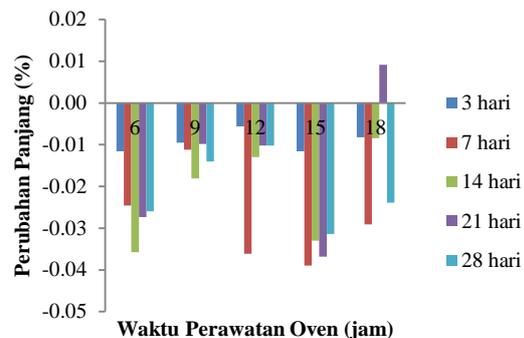
Analisa Pengujian Kuat Lentur



Gambar 3. Grafik hubungan waktu perawatan oven dengan kuat lentur mortar geopolimer

Berdasarkan Gambar 3 dapat disimpulkan bahwa nilai kuat lentur yang didapat dari variasi waktu perawatan oven secara umum mengalami kenaikan. Namun pada variasi 15 jam mengalami penurunan yang disebabkan oleh benda uji kurang pemadatan dalam penumbuhkannya, mengalami keropos, sehingga nilai kuat lenturnya kecil yaitu 2,093 MPa. Semakin lama waktu perawatan oven maka kuat lentur geopolimer semakin naik. Kuat lentur tertinggi didapat pada hari ke-28 variasi perawatan oven 18 jam yaitu 2,958 MPa.

Analisa Pengujian Perubahan Panjang



Gambar 4. Diagram hubungan waktu perawatan oven dengan perubahan panjang mortar geopolimer

Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat bahwa secara keseluruhan benda uji mengalami susut, namun untuk variasi 18 jam juga mengalami pemuaihan. Pada umur 28 hari variasi 12 jam mengalami perubahan panjang rata-rata paling kecil yaitu 0,0102%. Benda uji secara keseluruhan masih memenuhi standar perubahan panjang berdasarkan ASTM C 157-99 yaitu perubahan panjang maksimal pada mortar adalah 0,0496%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Konsistensi mortar geopolimer tidak memenuhi syarat konsistensi normal mortar semen. Adapun pada

- penelitian ini mortar tidak digunakan untuk plesteran dan adukan masih mudah dikerjakan, maka pembuatan benda uji tetap dilaksanakan dengan konsistensi mortar pada saat pengujian.
2. Perubahan panjang secara umum untuk semua variasi benda uji mengalami susut, namun masih memenuhi standar perubahan panjang berdasarkan ASTM C 157-99.
 3. Kuat tekan mortar geopolimer pada umur 28 hari mengalami kenaikan pada setiap variasi benda uji.
 4. Secara umum kuat lentur mortar geopolimer mengalami kenaikan, semakin lama waktu perawatan oven maka kuat lenturnya semakin tinggi.
 5. Pada penelitian ini didapatkan waktu *curing* optimum dengan perawatan oven dicapai pada waktu *curing* 12 jam, karena menghasilkan kuat tekan dan lentur yang besar serta perubahan panjang yang paling kecil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada ibu Anni Susilowati selaku pembimbing dan P3M Politeknik Negeri Jakarta serta semua pihak yang telah memberi masukan selama penulisan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASTM C 109/ C 109M-02, *Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars*. American Society of Testing Materials.
- [2] ASTM C 144-02, *Standard Specification for Aggregate for Masonry Mortar*. American Society of Testing Materials.
- [3] ASTM C 157/ C 157M-99, *Standard Test Method Length Change of Concrete*. American Society of Testing Materials.
- [4] ASTM C 305-99, *Standard Practice for Mechanical Mixing of Hydraulic cement Paste and Mortars of Plastic Consistency*, American Association State Highway and Transportation Official Standard.
- [5] ASTM C 580-02, *Standard Test Method for Flexural Strength and Modulus of Elasticity of Chemical-Resistant Mortars Grout Monolithic Surfacing, and Polymer Concretes*, American Society for Testing and Materials.
- [6] ASTM C 618 – 03, *Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzoland for Use as a Mineral Admixture in Concrete*, American Society of Testing Materials.
- [7] Budh, Warhade, 2014, *Effect of Molarity on Compressive Strength of Geopolymer Mortar*, J of Civil Engineering Research, ISSN 2278-3652 Volume 5, Number 1 (2014).
- [8] Davidovits, J, 1994, *Highest Alkali Cements for 21st Century Concretes*. Concrete Technology: Past, Present and Future. P.K Mehta, ACI, Detroit, USA. SP 144-19: 383-397.
- [9] Davidovits, J, 1997, *Geopolymer Inorganic Polymer New Material*. France: Geopolymer Institute.
- [10] Fitriani, D.R., 2010, *Pengaruh Modulus Alkali dan Kadar Aktivator Terhadap Kuat Tekan Fly Ash-Based Geopolymer Mortar*, Solo: Skripsi Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.
- [11] SNI 03-6820-2002, *Spesifikasi Agregat Halus Untuk Pekerjaan Adukan Dan Plesteran dengan Bahan Dasar Semen*, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2002.
- [12] SNI 03-6825-2002, *Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil*, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2002

- [13] SNI 03-6882-2002, **Spesifikasi Mortar untuk Pekerjaan Pasangan**, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2002.
- [14] Setiadji, A.R., 2011, **Sifat Mekanik Beton Gepolimer dengan Agregat Tailing**, Yogyakarta: Thesis Universitas Gadjah Mada.
- [15] Susilowati, Anni, Widi Setyono, 2013, **Dampak Perawatan terhadap Kuat Tekan Mortar Geopolimer dengan Berbagai Variasi Aktivator**, *Prosiding Seminar Jurusan Teknik Sipil*, Politeknik Negeri Jakarta, Depok
- [16] Tjokrodimuljo, 2007, **Teknologi Beton**, Yogyakarta, Biro Penerbit, Teknik Sipil dan Lingkungan Universitas Gadjah Mada.
- [17] Veliyati, 2010, **Pengaruh Faktor Air Binder Terhadap Kuat Tekan dan Workability Fly Ash Based Geopolymer Mortar**, Solo: Skripsi Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.
- [18] Vijai, Kumutha, Vishnuram, 2010, *Effect of Types of Curing on Strength of Geopolymer Concrete*, J of the Physical Sciences Vol. 5(9), pp. 1419-1423.