

Pengaruh Varian Distribusi Zeolit Terhadap Abu Terbang pada Kuat Tekan Benda Uji Geopolymer dengan Kondisi 12 Molar, 14 Molar dan W/S 0,30

Bagus Radham Hidayat
Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya
bagushidayat@mhs.unesa.ac.id ,

Arie Wardhono
Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya
ariewardhono@unesa.ac.id

Abstrak

Geopolymer dapat didefinisikan sebagai material yang dihasilkan dari geosintesis aluminosilikat polimerik dan alkali-silikat yang menghasilkan kerangka polimer SiO dan AlO yang terikat secara tetrahedral. *Geopolymer* memiliki komposisi kimia menyerupai zeolit tetapi memiliki *amorphous microstructure*. Tujuan dari skripsi ini untuk mengetahui campuran abu terbang (*fly ash*) dan zeolit kelas C pada W/S 0,30 yang mempunyai nilai kuat tekan tertinggi untuk mortar *geopolymer*. Penelitian ini membahas pengaruh variasi zeolit pada kuat tekan optimum pada umur 28 hari yang didapat pada 12 Molar dan 14 Molar. Kemudian membandingkan perbedaan kuat tekan antara mortar *geopolymer* dengan mortar konvensional pada umur 28 hari. Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen yang dilakukan di laboratorium dengan pengujian benda uji terhadap waktu pengikatan awal (*initial setting time*), dan kuat tekan mortar. Untuk pengujian waktu ikat awal menggunakan alat vicat yang sesuai dengan standar ASTM C 191- 08. Pada pengujian kuat tekan standar yang dipakai adalah ASTM C 109, untuk pengujian dilakukan sesuai umur yang direncanakan yaitu pada saat beton mencapai umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari dengan benda uji mortar yang berukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh zeolit pada benda uji mortar *geopolymer* adalah dapat meningkatkan kekuatan tekan dengan penggunaan zeolit optimal dengan variasi 5% pada 12 molar yaitu mampu mencapai kekuatan tekan rata-rata 39,78 MPa dengan waktu pengikatan awal pada menit ke 40, dan berat per volume sebesar 2,30 gram/cm³. Pada 14 molar yaitu mampu mencapai kekuatan tekan rata-rata 40,39 MPa dengan waktu pengikatan awal pada menit ke 25, dan berat per volume sebesar 2,22 gram/cm³.

Kata kunci : *Fly ash*, Zeolit, *Geopolymer* , dan Kuat Tekan

Abstract

Geopolymer can be defined as a material produced from polymeric and alkali-silicate aluminosilicate which produces a tetrahedral bound SiO and AlO polymer framework. *Geopolymer* has a chemical composition resembling zeolite but has an *amorphous microstructure*. The purpose of this research is to find out class C zeolite and fly ash mixture at W / S 0.30 which has the highest compressive strength value for *geopolymer* mortar. This study discusses the effect of zeolite variation on optimum compressive strength at the age of 28 days obtained at 12 Molar and 14 Molar, then compare the difference in compressive strength between *geopolymer* mortar and conventional mortar at 28 days. This research is an of experimental research carried out in the laboratory by testing specimens against the initial setting time, and mortar compressive strength, for testing the initial binding time using a vicat device that complies with ASTM C 191-08 standards. In testing the standard compressive strength used is ASTM C 109, for testing carried out according to the planned age, namely when the concrete reaches the age of 7 days, 14 days, and 28 days with a mortar specimen measuring 5 cm x 5 cm x 5 cm. The results showed that the effect of zeolite on *Geopolymer* mortar specimens was able to increase compressive strength with the use of optimal zeolite with a variation of 5% at 12 molar which was able to achieve an average compressive strength of 39.78 MPa with an initial binding time of 40 minutes, and weight per volume of 2.30 grams/cm³. At 14 molar, it was able to achieve an average compressive strength of 40.39 MPa with an initial binding time of 25 minutes, and a weight per volume of 2.22 grams/cm³.

Keywords: *Fly ash*, Zeolite, *Geopolymer* , and Compressive Strength

PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur merupakan salah satu aspek penting kemajuan suatu negara yang mana sebagian besar penyusun infrastruktur adalah beton. Bahan penyusun beton yang terpenting adalah semen karena fungsinya mengikat material beton yang lain sehingga dapat membentuk suatu masa yang keras (Damtoft, 2008).

Penggunaan semen telah membawa dampak negatif yang besar terhadap pemanasan global. Fakta mencengangkan bahwa dalam produksi setiap satu ton semen, rata-rata 0,87 ton emisi CO² dilepaskan ke udara bebas. Menurut International Energy Authority, produksi semen portland menyumbang 7% dari keseluruhan emisi karbon dioksida oleh manusia. (Damtoft, 2008).

Mengingat sumbangan industri semen terhadap total emisi gas karbon dioksida yang begitu banyak, diharapkan dapat segera dicarikan upaya untuk bisa menekankan angka produksi gas CO² tersebut. Untuk mengatasi efek buruk yang dihasilkan dari proses produksi semen yang dapat merusak lingkungan dan memperbaiki masalah durabilitas pada jenis material beton yang menggunakan semen, maka saat ini diperlukan material pengganti semen untuk digunakan pada pembuatan beton. Dalam perkembangannya, pakar teknologi beton mulai melakukan riset pembuatan beton yang ramah lingkungan. Pada tahun 1980-an, Davidovits menemukan sebuah perekat alternatif pengganti semen yang dikenal dengan *geopolymer*. Pembuatan material *geopolymer* menggunakan bahan yang banyak mengandung unsur-unsur silika dan alumina. Unsur-unsur tersebut banyak ditemukan pada limbah industri, seperti limbah kerang berupa serbuk zeolit, abu terbang (*fly ash*) dan abu sawit (Manuahe R, 2014).

Upaya penelitian yang telah dilakukan terhadap bahan substitusi semen dengan pemanfaatan limbah industri semakin berkembang. Penelitian tidak hanya dilakukan oleh perusahaan

produksi semen melainkan juga para akademisi di perguruan tinggi. Beberapa hasil penelitian telah menemukan bahwa limbah industri seperti serbuk zeolit dan abu terbang (*fly ash*) dapat dijadikan sebagai material pozolan dalam beton dan mortar (Metha, 1997).

Material abu terbang (*fly ash*) dalam pembuatan beton dapat saja beraksi secara kimia dengan cairan alkalin pada temperatur tertentu untuk membentuk material campuran yang memiliki sifat seperti semen. Material geopolimer ini digabungkan dengan agregat batuan, kemudian menghasilkan beton *geopolymer* tanpa menggunakan semen lagi (Metha, 1997).

Zeolit adalah salah satu mineral hasil dari industri tambang, berupa batuan dari dalam perut bumi berbentuk kristal yang agak lunak dan ringan berwarna kebiru-biruan, putih dan coklat. Dari hasil uji laboratorium bubuk zeolit mengandung beberapa senyawa diantaranya natrium (Na), magnesium (Mg), kalsium (Ca), mangan (Mn), dan silika (Si). Di Indonesia sendiri material zeolit digunakan baru sekitar 10 tahun. Namun diluar negeri beberapa negara sudah memanfaatkan di beberapa sektor, anatar lain pertanian, peternakan, perikanan, industri manufaktur dan konstruksi. Beberapa daerah di Indonesia sendiri mempunyai cadangan material zeolit yang sangat besar. Kandungan zeolit yang hampir sama dengan abu terbang (*fly ash*), sehingga berpotensi untuk menjadi bahan material untuk campuran *geopolymer*. Bahan dasar yang digunakan yakni abu terbang (*fly ash*) kelas C dan zeolit. Beton geopolimer dengan bahan dasar abu terbang (*fly ash*) kelas C dan zeolit tersebut diharapkan dapat mengeras dengan cepat pada suhu ruangan saja (Ika Febrianto, 2011).

Penelitian terakhir ini telah menunjukkan bahwa penggunaan beton dapat diproduksi tanpa menggunakan semen. Bahan dasar semen diganti dengan bahan pengganti yang berasal dari limbah

industri ramah lingkungan yaitu abu terbang (*fly ash*), dengan mereaksikannya dengan komponen larutan alkali (Davidovits 1994, dkk). Dalam penelitian yang dilakukan oleh Januarti Jaya Ekaputri, Triwulan, Oktavina Damayanti pada tahun 2007, semakin tinggi molaritas yang digunakan, maka semakin tinggi pula kuat tekan dan kuat tarik yang dihasilkan. Beton *geopolymer* yang menggunakan molaritas 10 Molar menghasilkan kuat tekan dan kuat tarik belah yang lebih besar jika dibandingkan dengan beton *geopolymer* yang menggunakan molaritas 8 Molar. Penelitian yang telah dilakukan Srie Subekti (2009) tentang ketahanan kuat tekan pasta geopolimer dengan presentase alkali aktivator 26% dan massa *fly ash* 74% molaritas 8 Molar dan 12 Molar terhadap agresifitas NaCl, dari hasil penelitiannya bahwa molaritas larutan sodium hidroksida dan menggunakan rasio perbandingan antara $\text{Na}_2\text{SiO}_3 / \text{NaOH} = 1,5$ menghasilkan kuat tekan yang besar pada molaritas 12 mol yaitu 129,96 MPa pada umur 120 hari.

KAJIAN PUSTAKA ***Geopolymer***

Geopolymer dapat didefinisikan sebagai material yang dihasilkan dari geosintesis aluminosilikat polimerik dan alkali-silikat yang menghasilkan kerangka polimer SiO dan AlO yang terikat secara tetrahedral (Davidovits, 1994). *Geopolymer* memiliki komposisi kimia menyerupai zeolit tetapi memiliki amorphous microstructure. Beton *geopolymer* adalah beton yang dihasilkan dengan sepenuhnya mengganti semen portland dengan material *geopolymer* (Davidovits, 2013).

Material Penyusun *Geopolymer*

Material polimerik anorganik alkali aluminosilikat (*Geopolymer*) dapat disintesis dengan mencampurkan prekursor dengan larutan alkali sebagai aktivator (Septia G, Pugar, 2011).

Dalam penelitian ini material prekursor yang digunakan yaitu *fly ash* dan serbuk zeolit.

***Fly ash* (abu terbang)**

Abu terbang adalah abu sisa dari pembakaran batu bara dengan suhu yang tinggi yang tidak terpakai berupa bubuk halus dan ringan (Septia G, Pugar, 2011).

Zeolit

Zeolit adalah mineral kristal alumina silikat berpori terhidrat yang mempunyai struktur kerangka tiga dimensi terbentuk dari tetrahedral $[\text{SiO}_4]^{4-}$ dan $[\text{AlO}_4]^{5-}$. Kedua tetrahedral di atas dihubungkan oleh atom-atom oksigen, menghasilkan struktur tiga dimensi terbuka dan berongga yang didalamnya diisi oleh atom-atom logam biasanya logam-logam alkali atau alkali tanah dan molekul air yang dapat bergerak bebas (Breck, 1974; Chetam, 1992; Scot et al., 2003).

Alkaline aktivator

Aktivator merupakan zat atau unsur yang menyebabkan zat atau unsur lain bereaksi. Dalam pembuatan mortar *geopolymer* ini, aktivator yang digunakan adalah unsur alkali yang terhidrasi yaitu sodium hidroksida (NaOH) dan sodium siikat (Na_2SiO_3) (Hardjito et al, 2004).

Waktu Pengikatan (*Setting Time*)

Uji vicat adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui waktu ikat awal beton (SNI 03-6827-2002).

Dua tahap diukur yaitu pengikatan awal (*Initial setting time*) adalah waktu dimana jarum diameter 1.13 mm akan penetrasi 35 mm kedalam pasta standar. Waktu pengikatan akhir (*final setting time*) adalah waktu dimana suatu alat tidak akan meninggalkan bekas sementara anjungan utama akan menancap pasta (P. Nugraha dan Antoni, 2007).

Kuat Tekan mortar

Kuat tekan merupakan besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji mortar hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin kuat tekan. Langkah-langkah untuk pengujian kuat tekan mortar sebagai berikut, (ASTM C109/C 109M-02)

METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian ini diawali dengan studi literatur, kemudian dilanjutkan penelitian di Laboratorium Beton Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya. Tahapan pelaksanaan penelitian yaitu.

1. Tahap persiapan bahan dan peralatan
2. Tahap pembuatan larutan alkali aktivator dan uji bahan

Tahap pengujian bahan dilakukan terhadap bahan penyusun mortar yaitu agregat halus, *fly ash* dan serbuk zeolit

- a. Pengujian agregat halus dan : pemeriksaan gradasi, kadar lumpur, berat jenis, berat volume dan absorpsi.
 - b. Pengujian *fly ash* dan serbuk zeolit yaitu pengujian XRF untuk mengetahui kandungan unsur kimia material.
3. Pembuatan *mix design*
 4. Pengujian waktu pengikatan
 5. Tahap pembuatan benda uji
 - a. Persiapan bahan
 - b. Persiapan alat
 - c. Pembuatan adukan mortar
 - d. Pencetakan
 - e. Pelepasan cetakan
 - f. Penamaan benda uji
 6. Penimbangan benda uji
 7. Pengujian kuat tekan benda uji
 8. Tahap analisis data
 9. Kesimpulan hasil penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Material

1. Pengujian *Fly ash*

Material *fly ash* yang dipakai yaitu kelas F, yang didapat dari CV. Dwi Mitra Surya Menganti Gresik. Material *fly ash* diuji XRF (*X-Ray Fluorescence*) di Laboratorium Sentral Mineral dan Material Maju FMIPA Universitas Negeri Malang (UM) untuk mengetahui unsur-unsur kimia yang terkandung dalam *fly ash*, Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Pengujian XRF *fly ash*

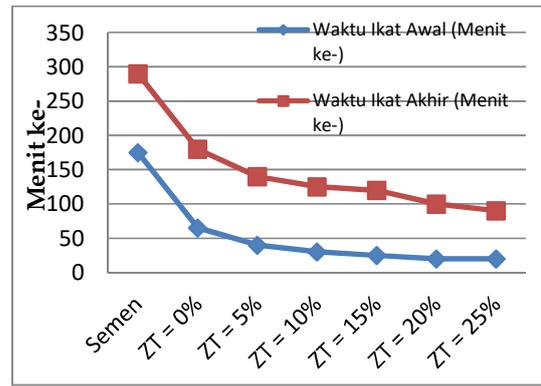
Coumpound	Conc (%)	Methods
Al2O3	4,8	XRF
SiO2	17,9	
SO3	0,89	
K2O	0,72	
CaO	12,7	
TiO2	0,94	
V2O5	0,02	
Cr2O3	0,11	
MnO	0,59	
Fe2O3	59,08	
NiO	0,13	
CuO	0,059	
Br	0,14	
Rb2O	0,2	
SrO	0,37	
BaO	0,49	
Eu2O3	0,58	
Re2O7	0,32	

2. Pengujian Serbuk Zeolit

Zeolit didapat dari tempat penggilingan bongkahan zeolit di Cv. Adi Water, zeolit yang didapat dari tempat penggilingan sudah berupa powder zeolit sehingga tidak perlu untuk dihaluskan kembali agar dapat digunakan sebagai bahan campuran mortar. Serbuk zeolit diuji XRF terlebih dahulu. Material zeolit diuji XRF (*X-Ray Fluorescence*) di Laboratorium Sentral Mineral dan Material Maju FMIPA Universitas Negeri Malang (UM) untuk mengetahui unsur-unsur kimia yang terkandung dalam serbuk zeolit, Hasil pengujian XRF dapat dilihat Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Pengujian XRF Serbuk Zeolit

Coumpound	Conc (%)	Methods
Si	60,9	XRF
Al	8,7	
Fe	8,46	
Ca	11,7	
Cu	0,091	
Sr	0,85	
K	7,78	
Mn	0,12	
Ti	0,92	
Ba	0,3	
Eu	0,2	
V	0,03	



Gambar 1 Variasi hasil pengujian waktu pengikatan awal dan akhir pasta

2. 14 Molar

Tabel 4 Variasi waktu pengikatan awal dan akhir pasta

Penurunan	Pengikatan Awal	Pengikatan Akhir
	Menit ke-	Menit ke-
Semen	175	290
ZT = 0%	30	70
ZT = 5%	25	60
ZT = 10%	25	55
ZT = 15%	20	50
ZT = 20%	10	40
ZT = 25%	10	35

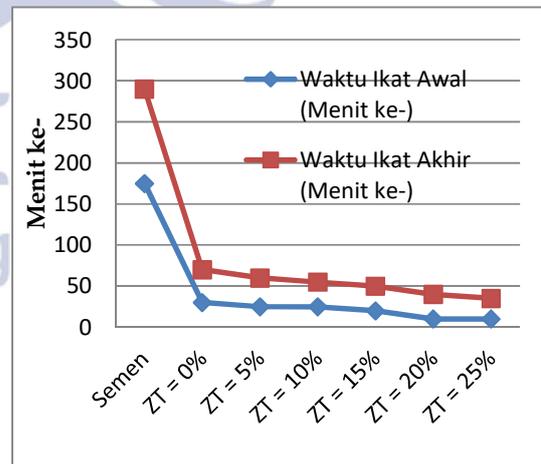
Waktu Pengikatan Pasta (Setting Time)

Waktu pengikatan (*setting time*) pada pasta dilakukan dengan menggunakan pengujian vicat tes. Pengujian waktu pengikatan (*setting time*) didapatkan data waktu pengikatan awal (*initial setting time*) Waktu ikat awal ditentukan dari grafik penetrasi waktu, yaitu waktu dimana penetrasi jarum vicat mencapai 25 mm dan waktu pengikatan akhir (*final setting time*). Berikut hasil pengujian vicat tes:

1. 12 Molar

Tabel 3 Variasi waktu pengikatan awal dan akhir pasta

Penurunan	Pengikatan Awal	Pengikatan Akhir
	Menit ke-	Menit ke-
Semen	175	290
ZT = 0%	65	180
ZT = 5%	40	140
ZT = 10%	30	125
ZT = 15%	25	120
ZT = 20%	20	100
ZT = 25%	20	90



Gambar 2 Variasi hasil pengujian waktu pengikatan awal dan akhir pasta

Hasil menunjukkan bahwa waktu pengikatan lebih cepat ketika di-tambahkan serbuk zeolit pada

bahan pengikat dibandingkan dengan pasta *geopolymer* berbahan *fly ash* saja. Penelitian lain oleh Nath and Sarker (2012) juga menunjukkan waktu pengikatan pasta *geopolymer fly ash* dipercepat dengan menambahkan slag dimana slag fungsinya sama dengan kerang yaitu sebagai CaO.

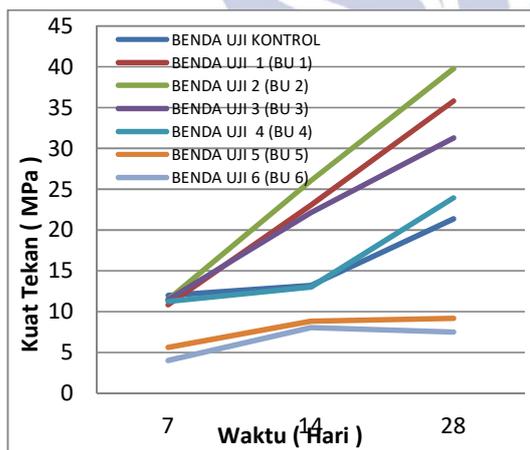
Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan mortar dilakukan pada umur mortar 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Berikut hasil pengujian kuat tekan mortar :

1. 12 Molar

Tabel 5 Rata-rata variasi hasil kuat tekan mortar

Umur (hari)	CT MPa	BU 1 MPa	BU 2 MPa	BU 3 MPa	BU 4 MPa	BU 5 MPa	BU 6 MPa
7	11.99	10.83	11.48	11.48	11.26	5.63	4.00
14	13.19	23.05	26.03	22.12	13.02	8.80	8.03
28	21.37	35.79	39.78	31.29	23.94	9.20	7.50

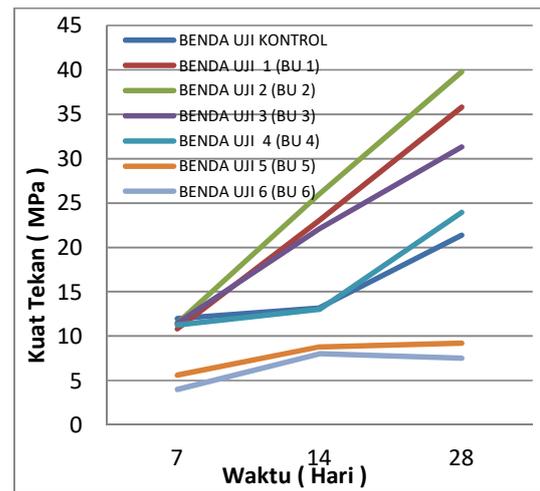


Gambar 3 Hubungan kuat tekan mortar dengan umur

2. 14 Molar

Tabel 6 Rata-rata variasi hasil kuat tekan beton

Umur (hari)	CT MPa	BU 1 MPa	BU 2 MPa	BU 3 MPa	BU 4 MPa	BU 5 MPa	BU 6 MPa
7	11.99	11.59	12.02	11.09	9.90	5.29	4.21
14	13.19	12.88	28.10	22.22	12.19	7.41	6.06
28	21.37	20.85	40.39	36.35	29.85	17.94	8.00



Gambar 4 Hubungan kuat tekan mortar dengan umur

Penambahan zeolit ke dalam campuran mortar menunjukkan hasil variasi rata-rata kuat tekan mortar dengan campuran OPC, *fly ash* dan serbuk zeolit sebagai pengganti CaO dalam campuran mortar. Hasil kuat tekan mortar Control, Benda Uji 1, Benda Uji 2, Benda Uji 3, Benda Uji 4, Benda Uji 5 dan Benda Uji 6. Penelitian lain oleh Nath and Sarker (2014) juga menunjukkan bahwa campuran *geopolymer* dari jumlah pengikat mencapai kuat tekan lebih tinggi dibandingkan dengan kekuatan beton tanpa slag atau *fly ash* saja. Hasil penelitian A. Buchwald, K. Dombrowski, and M. Weil (2005) menunjukkan bahwa penambahan jumlah tinggi kalsium hidroksida pada *geopolymer fly ash* meningkatkan kuat tekan awal dan kekuatan secara umum. Hasil penelitian lain oleh Arie Wardhono, David W. Law, and Anthony Strano (2015) menunjukkan bahwa GGBS adalah kontributor utama kekuatan awal dengan kontribusi *fly ash* untuk keuntungan kekuatan dengan waktu.

Perbandingan susunan kimia semen *Geopolymer* dan semen biasa

Tabel 9 menunjukkan perbedaan susunan kimia bahan penyusun semen *geopolymer* dan semen biasa. Semen *geopolymer* mengandung lebih

banyak CaO, silika, besi dan Na₂O sedangkan pada semen biasa banyak mengandung CaO dan silika.

Tabel 9 Perbandingan Susunan kimia semen *Geopolymer* dan semen biasa

<i>Geopolymer</i>		Semen	
Oksida	Persen (%)	Oksida	Persen (%)
Kapur (CaO)	38,7	Kapur (CaO)	60-65
Silika (SiO ₂)	18,7	Silika (SiO ₂)	17-25
Besi (Fe ₂ O ₃)	22,7	Alumina (Al ₂ O ₃)	3-8
Alumina (Al ₂ O ₃)	1,8	Besi (Fe ₂ O ₃)	0,5-6
Na ₂ O	18,2	Magnesium (MgO)	0,5-4
		Sulfur (SO ₃)	1-2
		Potash (Na ₂ O+K ₂ O)	0,5-1

Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran mortar Benda Uji 2 merupakan hasil yang paling optimal karena campuran mortar Benda Uji 2 mendapatkan hasil kuat tekan mortar paling optimal dengan workability mortar yang paling tinggi diantara mortar Benda Uji 3, Benda Uji 4, Benda Uji 5 dan Benda Uji 6. Ditinjau dari bahan penyusunnya mortar Benda Uji 3 mengandung 5% zeolit dari total bahan pengikat. Jumlah penambahan zeolit sebanyak 5% merupakan campuran optimal dikarenakan pada campuran 10%, 15%, 20%, dan 25% mortar mengalami penurunan kuat tekan. Penambahan 5% optimal dikarenakan jumlah penambahan zeolit ini juga mempengaruhi terhadap susunan kimia mortar *geopolymer* sendiri, jika prosentase serbuk zeolit semakin banyak maka kandungan CaO dalam mortar semakin tinggi, hal ini menyebabkan kuat tekan mortar *geopolymer* turun disebabkan kandungan kalsium yang tinggi dalam campuran mortar dapat mengganggu proses polimerisasi dan mengubah *mikrostructure* sehingga kuat tekan menurun. selain itu, ditinjau dari *workability* mortar segar nilai vicat test dari

campuran 5% yang paling optimal. Hal ini disebabkan setting time dari mortar *geopolymer* semakin cepat dengan meningkatnya jumlah serbuk zeolit dalam campuran mortar sehingga menyebabkan mortar sulit untuk dicetak dan dipadatkan.

Kandungan CaO yang tinggi dalam campuran mortar juga mempengaruhi proses polimerisasi dan dapat menurunkan nilai kuat tekan mortar. Hal ini menyebabkan waktu pengikatan semakin lama dikarenakan proses polimerisasi terganggu. Sehingga kuat tekan mengalami penurunan. Kandungan kalsium yang tinggi dapat mengganggu proses polimerisasi dan mengubah *mikrostructure* (Gourley, 2003; Gourley and Johnson, 2005 dalam (Pugar Septia G, 2011))

PENUTUP Kesimpulan

1. Desain campuran mortar *geopolymer* yang mempunyai kuat tekan tertinggi pada 12 molar untuk 1 benda uji adalah pasir dengan jumlah 378,13 gram, *Fly ash* dengan jumlah 130,63 gram, zeolit dengan jumlah 6,88 gram, NaOH dengan jumlah 23,1 gram dan Na₂SiO₃ dengan jumlah 34,65 gram. Pada 14 molar untuk 1 benda uji adalah pasir dengan jumlah 378,13 gram, *Fly ash* dengan jumlah 130,63 gram, zeolit dengan jumlah 6,88 gram, NaOH dengan jumlah 23,38 gram dan Na₂SiO₃ dengan jumlah 35,07 gram.
2. Pengaruh zeolit pada benda uji mortar *geopolymer* adalah dapat meningkatkan kekuatan tekan dengan penggunaan zeolit optimal dengan variasi 5% pada 12 molar yaitu pada umur mortar 7 hari didapat nilai kuat tekan rata-rata sebesar 11,48 MPa dan pada umur 14 hari mengalami kenaikan menjadi 26,03 MPa, dan pada umur 28 hari juga mengalami peningkatan yaitu menjadi 39,78 MPa. Pada 14 molar yaitu pada umur mortar 7 hari didapat

nilai kuat tekan rata-rata sebesar 12,02 MPa dan pada umur 14 hari mengalami kenaikan menjadi 28,10 MPa, dan pada umur 28 hari juga mengalami peningkatan yaitu menjadi 40,39 MPa.

3. Hasil kuat tekan mortar *geopolymer* dengan mortar konvensional adalah mortar konvensional mendapatkan kuat tekan pada umur mortar 7 hari didapat nilai kuat tekan rata-rata sebesar 11,99 MPa dan pada umur 14 hari mengalami kenaikan menjadi 13,9 MPa, dan pada umur 28 hari juga mengalami peningkatan yaitu menjadi 21,37 MPa. Pada mortar *geopolymer* pada kondisi 12 molar dengan 100% *Fly ash* pada umur mortar 7 hari didapat nilai kuat tekan rata-rata sebesar 10,83 MPa dan pada umur 14 hari mengalami kenaikan menjadi 23,05 MPa, dan pada umur 28 hari juga mengalami peningkatan yaitu menjadi 35,79 MPa, dan pada mortar *geopolymer* pada kondisi 14 molar dengan 100% *Fly ash* pada umur mortar 7 hari didapat nilai kuat tekan rata-rata sebesar 11,99 MPa dan pada umur 14 hari mengalami kenaikan menjadi 13,19 MPa, dan pada umur 28 hari juga mengalami peningkatan yaitu menjadi 21,37 MPa. Berdasarkan hasil tersebut dapat diperoleh bahwa hasil kuat tekan mortar *geopolymer* lebih tinggi dari mortar konvensional.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM Standard C39. 2005. *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimen*. West Conshocken
- ASTM Standard C127-01. 2003. *Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate*. West Conshocken
- ASTM Standard C128-01. 2003. *Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate*. West Conshocken
- ASTM C 191-08. 2008. *Standard test methods for time of setting of hydraulic cement by vicat needle*. West Conshocken
- Damfort. 2008. "The 12Th International Congress on the Chemistry Of Cement". Canada ; Montreal.
- Davidovits, Joseph. 1994. "Global Warming Impact on the Cement and Aggregates Industries". *World Resource Review*. Vol. 6 (2) : pp (263-278).
- Davidovits, Joseph. 2013. "Geopolymer Cement". France : Institute Geopolymer e.
- Manuahe, Riger. Dkk. 2014. "Kuat Tekan Beton Geopolymer Berbahan Dasar Abu Terbang (Fly Ash)". *Jurnal Sipil Statik*. Vol. 2 (6): hal (277-282)
- Metha. 1997. "Low-Calcium Fly Ash -Based Geopolymer Concrete". Australia : Perth.
- Mehta, P.K. 1997. "Durability-critical issue for the future". *ACI concrete International*, Vol 19, pp. 27-33
- Febrianto, Ika. 2011. "Tinjauan Lentur dan Porositas Beton Dengan Zeolit Sebagai Bahan Tambah Dibanding Zeolit Sebagai Pengganti Semen Pada Campuran Semen".
- Davidovits, Joseph. 1994. "Global Warming Impact on the Cement and Aggregates Industries". *World Resource Review*. Vol. 6 (2) : pp (263-278)
- Davidovits, Joseph. 2013. *Geopolymer Cement*. France : Institute Geopolymer e
- Deb, P.S., Nath, P and Sarker, P.K.. 2013. "Strength and Permeation Properties of Slag Blended Fly ash Based Geopolymer Concrete". *Advanced Materials Research* 651 : pp (168-173)
- Fitriani, Dian Rahma. 2010. *Pengaruh Pengaruh Modulus Alkali dan Kadar Aktivator Terhadap Kuat Tekan Fly ash-Based Geopolymer Mortar*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret
- Hardjito D, et all. 2004. "On the development of fly ash-based Geopolymer concrete". *ACI Materials Journal* 101(6) : pp (467-472)
- Nath, P. and Sarker, P.K. 2014. "Effect of GGBFS on setting, workability and early strength properties of fly ash Geopolymer concrete cured in ambient condition". *Construction and Building Materials* 66 : pp (163-171)
- Nugraha, P. dan Antoni. 2007. *Teknologi Beton dari Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi*. Yogyakarta : Penerbit Andi

- S.G, Pugar. 2011. *Studi Literatur Pengaruh Konsentrasi NAOH dan Rasio NAOH:NA₂SIO₃, Rasio Air/Prekursor, Suhu Curing, dan Jenis Prekursor Terhadap Kuat Tekan Beton Geopolimer*. Depok: Universitas Indonesia
- Andoyo. 2006. *Pengaruh Penggunaan Abu Terbang (Fly ash) Terhadap Kuat Tekan dan Serapan Air pada Mortar*. Semarang: Universitas Negeri Semarang
- Iswanto. 2014. *Tinjauan Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton dengan Zeolit Sebagai Bahan Tambah Dibanding Zeolit Sebagai Pengganti Semen Pada Campuran Beton*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret
- Wardhono, Arie. et all. 2015. The strength of alkali-activated slag/fly ash mortar blends at ambient temperature. Makalah disajikan dalam *The 5th International Conference of Euro Asia Civil Engineering Forum (EACEF-5)*

