

Analisa Kuat Tekan Mortar Geopolimer dengan pengikat Zeolite dan fly ash pada Molaritas 8M dan 10M Kondisi W/S=0,35 dan SS/SH=1,5

Rizal Fandi Prastyo
Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya
rizalfandip@gmail.com

Arie Wardhono
Dosen Teknik Sipil, Universitas Negeri Surabaya
ariewardhono@unesa.ac.id

Abstrak

Proses pembuatan semen menghasilkan gas CO₂ yang menyebabkan gas efek rumah kaca yang tidak ramah untuk lingkungan. Penggunaan semen dapat dikurangi dengan beberapa alternatif. Geopolimer merupakan alternatif baru material pasta pengikat pengganti semen. Geopolimer sendiri merupakan suatu bahan inorganik yang terdiri dari silikat (Si) dan Aluminium (Al) sebagai bahan utama serta reaktan alkali sebagai pengikat. Komposisi kandungan pada geopolimer memiliki komposisi serupa pada zeolit. Skripsi ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan tertinggi pada mortar geopolimer yang menggunakan campuran abu terbang (*fly ash*) kelas C dan zeolit pada kondisi $water/solid=0,35$ dan $sodium\ silicate/sodium\ hydroxide=1,5$.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan parameternya pada campuran *fly ash* dan zeolit menggunakan variasi molaritas 8M dan 10M kondisi W/S=0,35 dan SS/SH=1,5. Benda uji mortar geopolimer menggunakan perbandingan campuran *fly ash* dan zeolit dengan 5 variasi pada setiap molaritas 8M dan 10M. Pengujian benda uji meliputi pengujian pengikatan awal dan akhir (Uji vicat) dan pengujian kuat tekan pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari.

Hasil Penelitian diperoleh bahwa nilai kuat tekan optimum yang dihasilkan oleh mortar geopolimer 8M pada variasi penambahan zeolit sebesar 10% dengan nilai kuat tekan 36,87 MPa, waktu pengikatan awal pada menit ke 65, dan berat volume 2,31 gram/cm³. Mortar geopolimer 10M kuat tekan optimum pada variasi penambahan zeolit sebesar 5% dengan nilai kuat tekan 37,49 MPa, waktu pengikatan awal pada menit ke 60, dan berat volume 2,32 gram/cm³. Hasil ini menunjukkan bahwa nilai kuat tekan yang dihasilkan mortar geopolimer lebih tinggi.

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

Abstract

The process of making cement produces CO₂ gas which causes greenhouse effect gases which are not friendly to the environment. The use of cement can be reduced by several alternatives. Geopolymers are a new alternative for cement substitute binding paste material. Geopolymer itself is an inorganic material consisting of silicate (Si) and Aluminum (Al) as the main material and alkaline reactants as binders. The composition of the content in geopolymers has a similar composition in zeolites. This thesis aims to determine the highest compressive strength of geopolymer mortars using a mixture of class C and zeolite fly ash at water / solid conditions = 0.35 and sodium silicate / sodium hydroxide = 1.5. Test specimens include initial and final binding tests (vicat test) and compressive strength tests at the age of 7 days, 14 days and 28 days

This study uses an experimental method with parameters on the mixture of fly ash and zeolite using a variation of 8M and 10M molarity conditions W/S = 0.35 and SS / SH = 1.5. Geopolymer mortar specimens used a mixture of fly ash and zeolite with 5 variations at each 8M and 10M molarity.

The results showed that the optimum compressive strength value produced by 8M geopolymer mortar on zeolite addition variations of 10% with a compressive strength value of 36.87 MPa, initial binding time at 65 minutes, and volume weight of 2.31 gram / cm³. 10M geopolymer mortar optimum compressive strength with variation of zeolite addition of 5% with compressive strength 37.49 MPa, initial binding time at 60 minutes, and volume weight 2.32 gram / cm³. These results indicate that the compressive strength produced by geopolymer mortar is higher

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

PENDAHULUAN

Konsumsi dunia akan beton semakin meningkat dari tahun ke tahun sejalan dengan meningkatnya kebutuhan sarana dan prasarana dasar manusia. Penggunaan beton sendiri tidak akan lepas dari penggunaan semen sebagai material pengikat beton. Disisi lain proses pembuatan semen menghasilkan gas CO₂ yang menyebabkan gas efek rumah kaca yang tidak ramah untuk lingkungan. Penggunaan semen dapat dikurangi dengan beberapa alternatif.

Salah satu bahan alternatif yang mulai dikembangkan untuk pengganti semen saat ini adalah material geopolimer. Geopolimer sendiri merupakan suatu bahan inorganik yang terdiri dari silikat (Si) dan alumunium (Al) sebagai bahan utama serta reaktan alkali sebagai pengikat. Sejauh ini bahan dasar yang digunakan untuk membuat beton geopolimer adalah fly ash (Davidovits, 2008). Reaksi polimerisasi dibutuhkan suatu reaktan dari golongan alkali yang dapat melepas ion-ion yang tidak diperlukan seperti *Natrium hidroxide* atau NaOH yang memiliki sifat basa kuat sebagai reaktan alkali dan sodium silikat atau Na₂SiO₃ sebagai katalisator untuk mempercepat reaksi polimerisasi. Selain itu, kadar air pada campuran juga memegang peran penting dalam pembentukan beton geopolimer (Barbosa, 2003)

Bahan dasar semen diganti dengan bahan pengganti yang berasal dari limbah industri ramah lingkungan yaitu abu terbang, 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 geopolimer yang menggunakan molaritas 10M menghasilkan kuat tekan dan kuat tarik belah yang lebih besar jika dibandingkan dengan beton geopolimer yang menggunakan molaritas 8M.

Penelitian yang telah dilakukan Subekti, Srie (2009) tentang ketahanan kuat tekan pasta geopolimer dengan presentase alkali aktivator 26% dan massa fly ash 74% molaritas 8M dan 12M terhadap agresifitas NaCl, dari hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa molaritas larutan sodium hidroksida dengan penggunaan rasio perbandingan antara Na₂SiO₃ / NaOH = 1,5 menghasilkan kuat tekan yang paling besar pada molaritas 12 mol yaitu 129,96 MPa pada umur 120 hari.

Dalam penelitian mortar geopolimer kali ini dicoba bahan alternatif lain yaitu dengan zeolit yang dicampur dengan fly ash kelas C. Kandungan zeolit sendiri hampir sama dengan flyash, sehingga berpotensi untuk menjadi bahan material untuk campuran geopolimer selain itu beberapa daerah di Indonesia sendiri mempunyai cadangan material zeolit yang sangat besar. Dari hasil uji laboratorium bubuk zeolit mengandung beberapa senyawa diantaranya natrium (Na), magnesium (Mg), kalsium (Ca), mangan (Mn), dan silikat (Si) menurut Ika Febrianto (2011). . Penelitian ini diharapkan diperoleh hasil mortar geopolimer yang setara atau lebih dari mortar yang menggunakan semen..

Geopolymer

Geopolymer dapat didefinisikan sebagai material yang dihasilkan dari geosintesis aluminosilikat polimerik dan alkali-silikat yang menghasilkan kerangka polimer SiO₂ dan Al₂O₃ 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)

Fly ash adalah hasil pemisahan sisa pembakaran yang halus dari pembakaran batu bara yang dialirkan dari ruang pembakaran melalui ketel berupa semburan asap. Sekitar 75-90% abu yang keluar dari cerobong asap dapat ditangkap oleh system elektrostatis precipitator. Sisa yang lain didapat di dasar tungku (disebut *bottom ash*). Mutu fly ash tergantung pada kesempurnaan proses pembakarannya. Material ini mempunyai sifat pozzolanik. Kandungan fly ash sebagian besar terdiri dari silikat dioksida (SiO₂), alumunium (Al₂O₃), besi (Fe₂O₃), dan kalsium (CaO), serta magnesium, potassium, sodium, titanium, dan sulfur dalam jumlah yang lebih sedikit (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 activator

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 silikat (Na_2SiO_3) (Hardjito et al, 2004).

Agregat Halus (Pasir)

Agregat halus berfungsi sebagai pengisi pori-pori dalam campuran adukan mortar. Agregat halus yang dipakai untuk campuran adukan pada mortar harus memenuhi syarat yang ditetapkan oleh SNI 03-6820-2002 (2002:172).

Waktu Pengikatan (*Setting Time*)

Uji Vicat adalah untuk mengetahui kondisi konsistensi pengikatan awal dan akhir pada pasta dengan menggunakan alat vicat (Nugraha, Paul dan Antoni 2007). Kedua batasan waktu pengikatan dimaksudkan untuk menjamin bahwa beton atau mortar segar akan tetap bisa dikerjakan untuk waktu yang cukup untuk mampu diangkut, dituang dan dipadatkan. Alat Vicat yang digunakan sesuai dengan ASTM C-187.

Kuat Tekan mortar

Kuat tekan beton adalah besarnya beban maksimum persatuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Kuat tekan beton ditentukan oleh perbandingan semen, agregat halus, air, dan berbagai jenis bahan tambahan (Tjokrodinuljo, 1996). Langkah-langkah untuk pengujian kuat tekan mortar sesuai pada SNI 03-1974-1990 dan ASTM C109/C 109M-02.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini yang dilakukan menggunakan metode eksperimen yang dimana untuk mendapatkan

data-data pengujian dilakukan di Laboratorium Beton Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya (UNESA). Pengujian yang dilakukan di laboratorium meliputi pengujian pengikatan awal dan akhir (Uji Vicat) dan pengujian kuat tekan.

Benda uji mortar geopolimer menggunakan perbandingan campuran *fly ash* dan zeolit dengan 5 variasi pada setiap molaritas 8M dan 10M. Pengujian dilakukan sesuai umur yang telah direncanakan yaitu 7, 14 dan 28 hari dengan menggunakan benda uji mortar yang berukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm.

Prosedur pelaksanaan penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

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 C, yang didapat dari CV. Dwi Mitra Surya yang berlokasi di Menganti, Gresik. Material *fly ash* tipe C 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*. Berikut adalah hasil pengujian abu terbang (*fly ash*) menggunakan metode XRF dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Pengujian XRF fly ash

Coumpound	Conc (%)	Methods
Al ₂ O ₃	4,8	XRF
SiO ₂	17,9	
SO ₃	0,89	
K ₂ O	0,72	
CaO	12,7	
TiO ₂	0,94	
V ₂ O ₅	0,02	
Cr ₂ O ₃	0,11	
MnO	0,59	
Fe ₂ O ₃	59,08	
NiO	0,13	
CuO	0,059	
Br	0,14	
Rb ₂ O	0,2	
SrO	0,37	
BaO	0,49	
Eu ₂ O ₃	0,58	
Re ₂ O ₇	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	

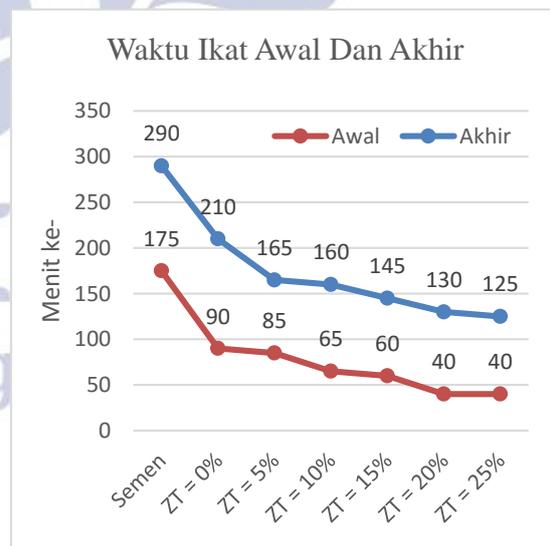
Waktu Pengikatan Pasta (Setting Time)

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. Molaritas 8 Molar

Tabel 3 Variasi waktu pengikatan awal dan akhir pasta semen dan pasta geopolimer 8M

Penurunan	Pengikatan Awal	Pengikatan Akhir
	Menit ke-	Menit ke-
Semen	175	290
ZT = 0%	90	210
ZT = 5%	87	165
ZT = 10%	65	160
ZT = 15%	60	145
ZT = 20%	40	130
ZT = 25%	40	125

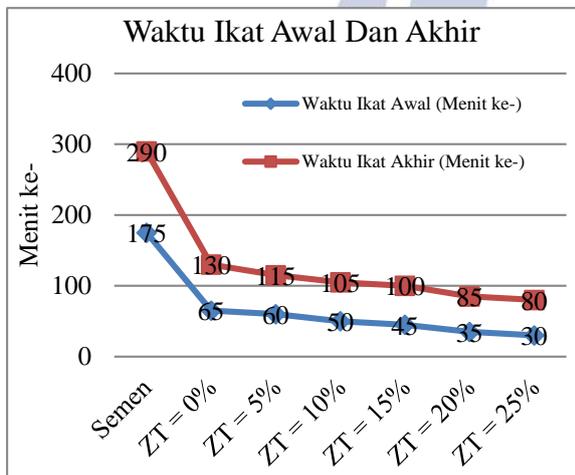


Gambar 1 Variasi hasil pengujian waktu pengikatan awal dan akhir pasta

2. 10 Molar

Tabel 4 Variasi waktu pengikatan awal dan akhir pasta semen dan pasta geopolimer 10M

Penurunan	Pengikatan Awal	Pengikatan Akhir
	Menit ke-	Menit ke-
Semen	175	290
ZT = 0%	65	130
ZT = 5%	60	115
ZT = 10%	50	105
ZT = 15%	45	100
ZT = 20%	35	85
ZT = 25%	30	80



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.

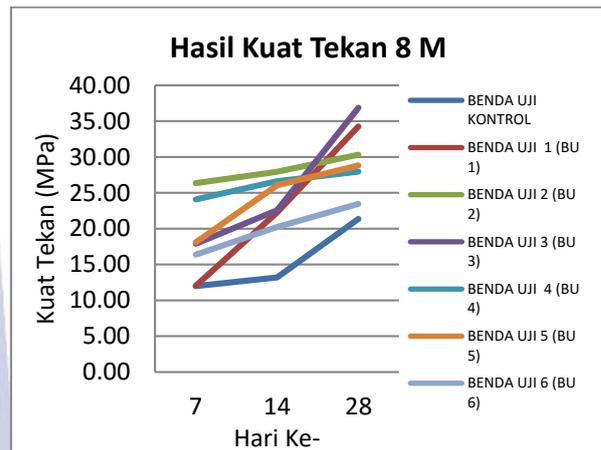
Kuat Tekan

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

1. Kuat tekan mortar geopolimer molaritas 8 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	12.03	26.36	17.88	24.08	18.10	16.37
14	13.19	22.25	27.93	22.56	26.61	26.05	20.22
28	21.37	34.27	30.31	36.87	27.96	28.84	23.45

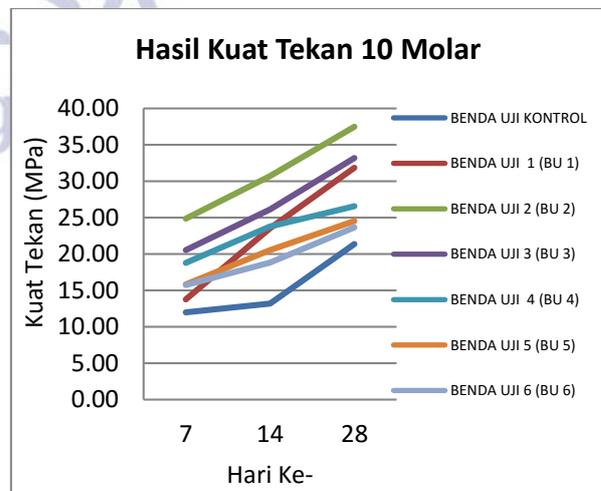


Gambar 3 Hubungan kuat tekan mortar dengan umur

2. Kuat tekan mortar geopolimer molaritas 10 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	13.76	24.86	20.54	18.77	15.83	15.74
14	13.19	23.55	30.71	26.12	23.79	20.53	18.83
28	21.37	31.85	37.49	33.18	26.57	24.53	23.65



Gambar 4 Hubungan kuat tekan mortar dengan umur

Data dan garfik yang didapat dari perbandingan mortar geopolimer 8M dengan 10M dapat disimpulkan bahwa mortar geopolimer dengan konsentrasi NaOH 10M menghasilkan kuat tekan lebih tinggi dari pada mortar geopolimer dengan konsentrasi NaOH 8M. Hal ini sejalan dengan penelitian Januarti (2007) dimana penelitian ini menggunakan *fly ash* dan lumpur Porong sebagai bahan campuran *geopolymer* sebagai pengikat dan perawatan beton dilakukan pada suhu ruangan. Kadar molaritas semakin tinggi maka kuat tekan benda uji semakin tinggi juga hasilnya. Hasil penelitian Subekti (2009) menunjukkan juga bahwa pengaruh molaritas larutan sodium hidroksida dan rasio perbandingan antara $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$, apabila semakin tinggi maka akan didapatkan kuat tekan semakin tinggi pula.

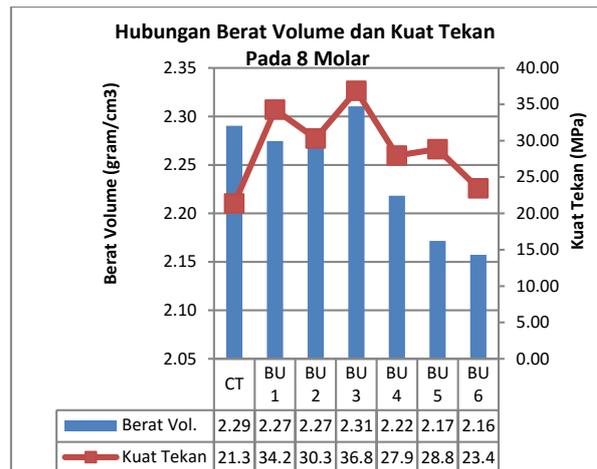
Hasil penelitian ini menyatakan bahwa rata-rata kuat tekan mortar geopolimer yang menggunakan konsentrasi NaOH 8M dan 10M mendapatkan kuat tekan tinggi, pada presentase 10% pemakaian *zeolite* sebagai bahan pengganti *fly ash* sebagai bahan campuran mortar. Hal ini sejalan pada penelitian Ika Febianto (2011) yang menyatakan bahwa hasil kuat lentur beton peling tinggi pada presentase 10% *zeolite* sebagai bahan penggantian semen.

Hubungan Berat Volume dan Kuat Tekan

Berdasarkan hasil garfik kuat tekan dan hubungan antara tabel berat volume dapat disimpulkan bahwa kandungan kalsium sangat berpengaruh dalam campuran. Hal ini juga diungkapkan Septian G, Pugar (2011) yang menyatakan bahwa kandung kalsium yang tinggi sangat mengganggu proses polimerisasi dan mengubah mikrostruktur.

Tabel 7 Hubungan Berat Volume dan Kuat Tekan

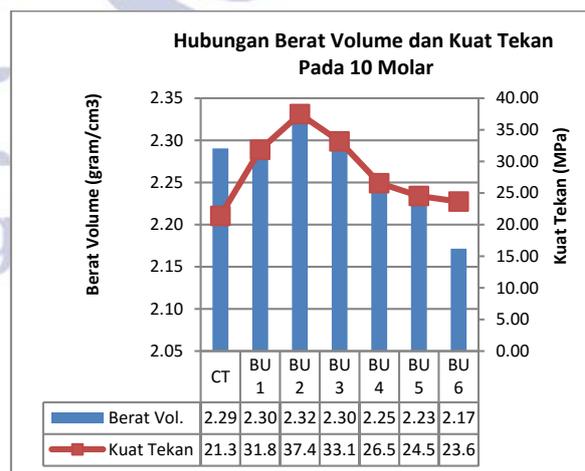
Benda Uji (Mix)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	Berat Vol. Rata-rata (gram/cm ³)
CT	21.37	2.29
BU1	34.27	2.27
BU2	30.31	2.27
BU3	36.87	2.31
BU4	27.96	2.22
BU5	28.84	2.17
BU6	23.45	2.16



Gambar 5 Hubungan Berat volume dan Kuat Tekan mortar Geopolimer 8M

Tabel 8 Hubungan Berat Volume dan Kuat Tekan

Benda Uji (Mix)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	Berat Vol. Rata-rata (gram/cm ³)
CT	21.37	2.29
BU1	34.27	2.27
BU2	30.31	2.27
BU3	36.87	2.31
BU4	27.96	2.22
BU5	28.84	2.17
BU6	23.45	2.16



Gambar 6 Hubungan Berat volume dan Kuat Tekan mortar Geopolimer 10M

SIMPULAN

1. Desain campuran mortar *geopolymer* mempunyai nilai kuat tekan tertinggi pada molaritas 8 molar dengan presentase *zeolite* 10% sebagai bahan pengganti *fly ash*, jumlah campuran satu benda uji menggunakan pasir dengan jumlah 343,75 gram, *Fly Ash* dengan jumlah 112,5 gram, zeolit dengan jumlah 12,5 gram, NaOH dengan jumlah 26,5 gram dan Na_2SiO_3 dengan jumlah 40,125 gram. Sedangkan pada molaritas 10 molar dengan presentase *zeolite* 5% sebagai bahan pengganti *fly ash*, jumlah campuran satu benda menggunakan pasir dengan jumlah 343,75 gram, *Fly Ash* dengan jumlah 118,75 gram, zeolit dengan jumlah 6,25 gram, NaOH dengan jumlah 25,875 gram dan Na_2SiO_3 dengan jumlah 38,875 gram.
2. Pengaruh zeolit pada benda uji mortar *geopolymer* adalah dapat meningkatkan kekuatan tekan dengan penggunaan zeolit optimal dengan variasi 10% pada molaritas 8 molar yaitu pada umur mortar 7 hari didapat nilai kuat tekan rata-rata sebesar 17,88 MPa dan pada umur 14 hari mengalami kenaikan menjadi 22,56 MPa, dan pada umur 28 hari juga mengalami peningkatan yaitu menjadi 36,87 MPa. Pada variasi 5% molaritas 10 molar yaitu pada umur mortar 7 hari didapat nilai kuat tekan rata-rata sebesar 24,86 MPa dan pada umur 14 hari mengalami kenaikan menjadi 30,71 MPa, dan pada umur 28 hari juga mengalami peningkatan yaitu menjadi 37,49 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 8 molar dengan 100% *Fly Ash* pada umur mortar 7 hari didapat nilai kuat tekan rata-rata sebesar 12,03 MPa dan pada umur 14 hari mengalami kenaikan menjadi 22,25 MPa, dan pada umur 28 hari juga mengalami peningkatan yaitu menjadi 34,27 MPa, dan pada mortar *geopolymer* pada kondisi 10 molar dengan 100% *Fly Ash* mendapatkan kuat tekan sebesar pada umur mortar 7 hari didapat nilai kuat tekan rata-rata sebesar 13,76 MPa dan pada umur 14 hari mengalami kenaikan menjadi 23,55 MPa, dan pada umur 28 hari juga mengalami peningkatan yaitu menjadi 31,85 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
- Andoyo. 2006. *Pengaruh Penggunaan Abu Terbang (Fly ash) Terhadap Kuat Tekan dan Serapan Air pada Mortar*. Semarang: Universitas Negeri Semarang
- Badan Standardisasi Nasional, SNI 03-1974-1990. 1990. *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. Bandung
- 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*.
- 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)
- Febrianto, Ika. 2011. *"Tinjauan Lentur dan Porositas Beton Dengan Zeolit Sebagai Bahan Tambah Dibanding Zeolit Sebagai Pengganti Semen Pada Campuran Semen"*.
- Fitriani, Dian Rahma. 2010. *Pengaruh Pengaruh Modulus Alkali dan Kadar Aktivator Terhadap Kuat Tekan Fly ash-Based Geopolymer Mortar*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret
- Manuahe, Riger. Dkk. 2014. *"Kuat Tekan Beton Geopolymer Berbahan Dasar Abu Terbang (Fly Ash)"*. *Jurnal Sipil Statik*. Vol. 2 (6): hal (277-282)

- Hardjito D, et al. 2004. "On the development of fly ash-based Geopolymer concrete". *ACI Materials Journal* 101(6) : pp (467–472)
- 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
- 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
- Septia, P. (2011). *Studi Literatur Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Rasio NaOH:Na₂SiO₃, Rasio Air/ Prekursor, Suhu Curing, Dan Jenis Prekursor Terhadap Kuat Tekan Beton Geopolimer*, Skripsi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- Subekti, Srie. 2009. "Ketahanan kuat tekan pasta geopolimer molaritas 8 mol dan 12 mol terhadap agresifitas NaCl". Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sutikno. 2013. *Teknologi Beton*. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil Univeritas Negeri Surabaya.
- Tjokrodinuljo, Kardiyono. 1996. "Teknologi Beton". Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil Universitas Gajah Mada.
- Triwulan., Ekaputri, Jaya Juniarti, dan Adiningtyas, Tami. 2007. "Analisa Sifat Mekanik Beton Geopolimer Berbahan Dasar Fly ash dan Lumpur Porong Kering Sebagai Pengisi". Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- 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)*