

JURNAL REKAYASA TEKNIK SIPIL

REKATS



UNESA

Universitas Negeri Surabaya



JURNAL ILMIAH TEKNIK SIPIL	VOLUME: 03	NOMER: 03	HALAMAN: 63 - 69	SURABAYA 2017	ISSN: 2252-5009
-------------------------------	---------------	--------------	---------------------	------------------	--------------------

JURUSAN TEKNIK SIPIL-FAKULTAS TEKNIK-UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA

TIM EJOURNAL

Ketua Penyunting:

Prof.Dr.Ir.Kusnan, S.E,M.M,M.T

Penyunting:

1. Prof.Dr.E.Titiek Winanti, M.S.
2. Prof.Dr.Ir.Kusnan, S.E,M.M,M.T
3. Dr.Nurmi Frida DBP, MPd
4. Dr.Suparji, M.Pd
5. Hendra Wahyu Cahyaka, ST., MT.
6. Dr.Naniek Esti Darsani, M.Pd
7. Dr.Erina,S.T,M.T.
8. Drs.Suparno,M.T
9. Drs.Bambang Sabariman,S.T,M.T
10. Dr.Dadang Supryatno, MT

Mitra bestari:

1. Prof.Dr.Husaini Usman,M.T (UNJ)
2. Prof.Dr.Ir.Indra Surya, M.Sc,Ph.D (ITS)
3. Dr. Achmad Dardiri (UM)
4. Prof. Dr. Mulyadi(UNM)
5. Dr. Abdul Muis Mapalotteng (UNM)
6. Dr. Akmad Jaedun (UNY)
7. Prof.Dr.Bambang Budi (UM)
8. Dr.Nurhasanyah (UP Padang)
9. Dr.Ir.Doedoeng, MT (ITS)
10. Ir.Achmad Wicaksono, M.Eng, PhD (Universitas Brawijaya)
11. Dr.Bambang Wijanarko, MSi (ITS)
12. Ari Wibowo, ST., MT., PhD. (Universitas Brawijaya)

Penyunting Pelaksana:

1. Gde Agus Yudha Prawira A, S.T., M.T.
2. Krisna Dwi Handayani,S.T,M.T
3. Arie Wardhono, ST., M.MT., MT. Ph.D
4. Agus Wiyono,S.Pd,M.T
5. Eko Heru Santoso, A.Md

Redaksi:

Jurusan Teknik Sipil (A4) FT UNESA Ketintang - Surabaya

Website: tekniksipilunesa.org

Email: REKATS

DAFTAR ISI

Halaman

TIM EJOURNAL.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
• Vol. 03 Nomor 03/rekat/17 (2017)	
ANALISIS NILAI CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) TEST PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DENGAN STABILISASI KAPUR GAMPING GRESIK	
<i>Novi Dwi Pratama, Nur Andajani,</i>	01 – 08
ANALISIS HASIL PERHITUNGAN KONSTRUKSI GEDUNG GRAHA ATMAJA SURABAYA MENGGUNAKAN BEBAN GEMPA SNI 1726-2012 DAN PERHITUNGAN BETON SNI 2847-2013	
<i>Ferry Sandrian, Sutikno,</i>	09 – 16
MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG KANTOR BNL PATERN SURABAYA MENGGUNAKAN METODE BALOK PRATEKAN DENGAN BERDASARKAN SNI 2847:2013	
<i>Tono Siswanto, Mochamad Firmansyah S.,</i>	17 – 26
ANALISA PERBANDINGAN HASIL PERHITUNGAN KONSTRUKSI GEDUNG GRAHA ATMAJA SURABAYA MENGGUNAKAN SNI GEMPA 1726-2002 DAN SNI GEMPA 1726-2012	
<i>Erick Ryananda Yulistiya, Sutikno,</i>	27 – 32
ANALISIS PENINGKATAN RUAS JALAN MOJOSARI-PANDANARUM KM 42+435-51+732 KABUPATEN MOJOKERTO JAWA TIMUR	
<i>Andik Setiawan, Purwo Mahardi,</i>	33 – 38
PEMANFAATAN LIMBAH KULIT KERANG DARAH DAN <i>SLUDGE</i> INDUSTRI KERTAS SEBAGAI SUBSTITUSI PASIR DAN PENAMBAHAN <i>CONPLAST</i> WP 421 DAN <i>MONOMER</i> PADA PEMBUATAN BATAKO	
<i>Thobagus Rodhi Firdaus, Mas Suryanto,</i>	39 – 46
ANALISIS PEMAMPATAN WAKTU TERHADAP BIAYA PADA PEMBANGUNAN <i>MY TOWER HOTEL & APARTMENT PROJECT</i> DENGAN MENGGUNAKAN METODE <i>TIME COST TRADE OFF</i> (TCTO)	
<i>Aulia Putri Andhita, Hasan Dani,</i>	47 – 55
ANALISIS MANFAAT-BIAYA PEMBANGUNAN JALAN AKSES DAN JEMBATAN MASTRIP-JAMBANGAN	
<i>Irwan Fachri Muannas, Purwo Mahardi,</i>	56 – 62

PENGARUH SUHU PEMANASAN TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR GEOPOLYMER
BERBAHAN DASAR ABU TERBANG DENGAN MOLARITAS 8 M DAN 10 M

Laras Sukmawati Yuwono, Arie Wardhono, 63 – 69



PENGARUH SUHU PEMANASAN TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR GEOPOLYMER BERBAHAN DASAR ABU TERBANG DENGAN MOLARITAS 8 M DAN 10 M

Laras Sukmawati Yuwono

Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: larasyuwono@mhs.unesa.ac.id

Arie Wardhono

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Abstrak

Penelitian ini menampilkan hasil dari penelitian tentang suhu pemanasan terhadap mortar geopolimer. Benda uji berupa kubus mortar berdimensi $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$ yang terbuat dari campuran semen, abu terbang, air dan alkali aktivator. Kami menggunakan abu terbang kelas C yang memiliki kadar kalsium diatas 10%. Alkali Aktivator terbuat dari campuran sodium hidroksida dengan dua jenis molaritas (8 dan 10 molar) serta sodium silikat (SS/SH=1,5). Kemudian benda uji yang telah dibuat dipanaskan di oven selama enam jam dengan variasi suhu pemanasan 40°C, 50°C, 60°C, and 80°C.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menemukan suhu pemanasan terbaik yang menghasilkan kuat tekan maksimum pada mortar geopolimer. Hasil dari uji kuat tekan menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur pemanasan menghasilkan kuat tekan yang lebih baik. Pada usia 28 hari, mortar geopolimer 8 M dengan suhu pemanasan 80°C menghasilkan kuat tekan sebesar 49,73 MPa, sedangkan mortar geopolimer dengan suhu pemanasan yang sama menghasilkan kuat tekan sebesar 60,98 MPa. Hal tersebut membuktikan bahwa molaritas yang lebih tinggi memberikan kuat tekan yang lebih baik pada mortar geopolimer.

Kata Kunci: Mortar geopolimer, Suhu pemanasan, Lama pemanasan, Kuat tekan.

Abstract

In this paper, we present a result from an experiment about geopolimer mortar curing temperature. The test object is mortar cubes with dimension $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$ made from a mixture of sand, fly ash, water, and alkali activator. Class C fly ash was used is contain more than 10% of calcium. The alkali activator is made from sodium hydroxide with two varieties of molarity concentration (8 M and 10 M) and sodium silicate (SS/SH=1,5). The test objects were placed into the oven for 6 hours and the heating temperature was set to 40°C, 50°C, 60°C, and 80°C.

Aims of this research are to find the best curing temperature which obtains the maximum compressive strength of geopolimer mortar. The obtained result based on compressive strength test shows that higher curing temperature gives better compressive strength. In 28th day age, 8 M mortar with 80°C heating obtained 49,73 MPa and 10 M mortar with same heating temperature obtained 60,98 MPa. This results also proving that higher molarity gives better compressive strength for geopolimer mortar

Keywords: Geopolimer mortar, Heating temperature, Heating time, Compressive strength

PENDAHULUAN

Beton merupakan salah satu unsur yang hampir tidak bisa dipisahkan dari kehidupan manusia. Untuk berbagai macam konstruksi, beton sering kali menjadi elemen penting sebagai konstruksi utama dalam bangunan. Pada umumnya beton dikenal sebagai material yang tersusun dari komposisi utama batuan (agregat), air, dan semen portland. Beton sangat populer dan digunakan secara luas, karena bahan pembuatnya mudah didapat, dan teknologi pembuatannya relatif sederhana. Namun seiring berjalannya waktu, beton dianggap tidak ramah lingkungan karena proses pembuatan semen portland yang menghasilkan residu karbon dioksida dalam jumlah besar. Produksi 1 ton OPC menghasilkan residu CO_2 sebanyak 1 ton. Hal tersebut mendorong ilmuwan menciptakan inovasi untuk mencari pengganti semen portland. Salah satunya adalah beton geopolimer, bahan-bahan yang digunakan mengandung unsur-unsur silika dan aluminium. Untuk melarutkan unsur-unsur silika dan aluminium, serta memungkinkan terjadinya reaksi kimiawi, digunakan larutan yang bersifat alkalis (Wardhono, dkk., 2015a; Wardhono, dkk., 2015b). Material *geopolymer* ini digabungkan dengan agregat halus kemudian menghasilkan mortar geopolimer, tanpa menggunakan semen lagi. *Geopolymer* dikatakan ramah lingkungan, karena selain dapat menggunakan bahan-bahan buangan industri, proses pembuatan beton *geopolymer* tidak terlalu memerlukan energi.

Telah banyak penelitian yang dilakukan tentang geopolimer sebagai bahan pengikat, salah satunya adalah C. D Budh dan N. R Warhade yang meneliti tentang pengaruh molaritas terhadap kuat tekan mortar geopolimer (2014). Pada penelitian ini disimpulkan bahwa molaritas memiliki pengaruh terhadap kuat tekan.

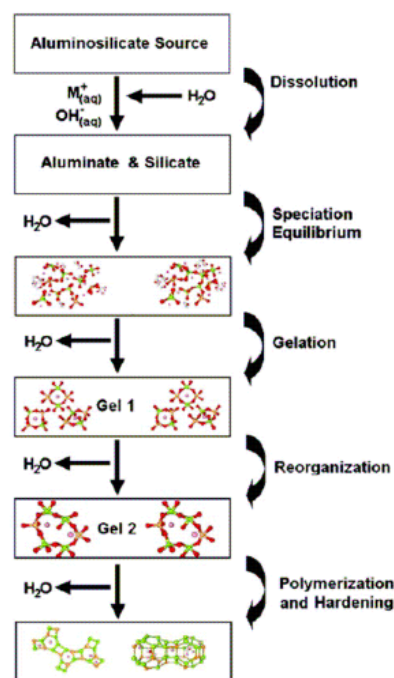
Penelitian sebelumnya oleh Wardhono, dkk. (2016) dan Wardhono, dkk. (2017) menunjukkan bahwa penggunaan abu terbang pada beton geopolimer adalah layak karena menghasilkan kuat lentur yang lebih baik dari nilai yang diprediksikan oleh standar ACI.

Namun masih sedikit penelitian tentang sifat mortar geopolimer dibawah perlakuan suhu tertentu. Metode pemanasan sangat disarankan untuk beton geopolimer (Hardjito dan Rangan, 2010). Menurutny, perawatan dengan metode tersebut membantu polimerisasi yang terjadi pada pasta geopolimer. Penelitian yang dilakukan adalah perawatan mortar geopolimer dengan *fly ash* menggunakan suhu 60°C .

Nath dan Sarker dalam penelitiannya tentang *curing* beton geopolimer dalam suhu ruang (2014), menyimpulkan bahwa baik sampel berupa beton maupun mortar yang tidak dipanaskan menghasilkan kuat tekan yang bertahap. Sedangkan sampel mortar maupun beton yang dipanaskan memiliki kuat tekan awal yang tinggi

dan terus bertambah seiring usia beton ataupun mortar tersebut. Referensi berikutnya adalah penelitian Kong dan Sanjayan (2008) yang menggunakan suhu 80°C untuk pemanasan beton geopolimer menyimpulkan bahwa *curing* dengan suhu tinggi dapat menambah kuat tekan beton dari reaksi polimerisasi.

Dari berbagai sumber tersebut penulis ingin melakukan penelitian menggunakan variasi suhu terhadap benda uji berupa mortar guna menemukan suhu yang optimal. Dalam penelitian ini digunakan *Fly Ash* kelas C yang memiliki kadar kalsium diatas 10%.



Gambar 1. Reaksi Geopolimerisasi (P. Duxson, A. Fernandez-Jimenez, et al., 2007)

Fly ash, Menurut ASTM C618 (ASTM, 1995:304) abu terbang (*fly ash*) didefinisikan sebagai butiran halus hasil residu pembakaran batubara atau bubuk batu bara. Banyaknya hasil material, hanya *fly ash* dan slag telah terbukti menjadi sumber material yang dapat membuat geopolimer. *Fly ash* dianggap menguntungkan karena reaktivitas partikelnya lebih halus daripada slag. Selain itu, *fly ash* yang mengandung rendah kalsium lebih diharapkan dibandingkan slag yang digunakan sebagai bahan baku (Hardjito dan Rangan, 2005).

Fly ash memiliki butiran yang lebih halus daripada butiran semen dan mempunyai sifat hidrolik. *Fly ash* bila digunakan sebagai bahan tambah atau pengganti sebagian semen maka tidak sekedar menambah kekuatan mortar, tetapi secara mekanik *fly ash* ini akan mengisi ruang kosong (rongga) di antara butiran-butiran, dan secara kimiawi akan memberikan sifat hidrolik pada

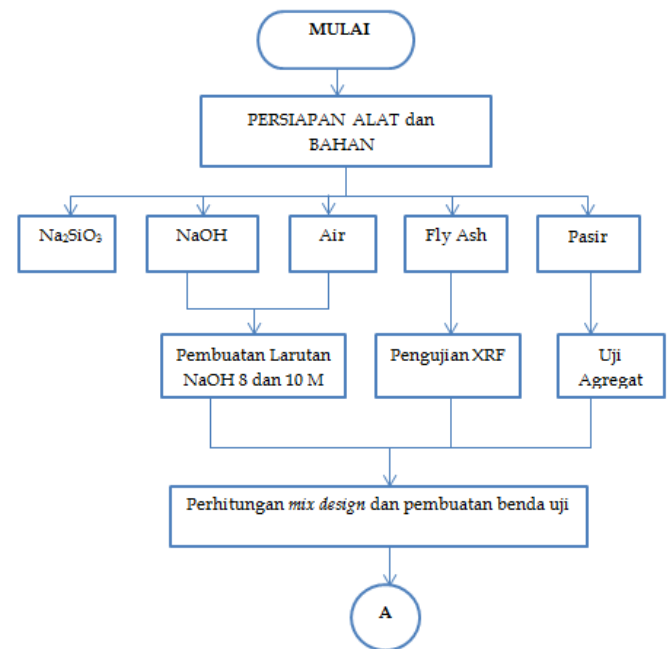
kapur mati yang dihasilkan dari proses hidrasi, dimana mortar hidrolik ini akan lebih kuat daripada mortar udara (kapur mati dan air) (Suhud, 1993; Law, dkk. 2015)

Pada pembuatan mortar geopolimer menggunakan Na_2SiO_3 (sodium silikat) dan NaOH (sodium hidroksida) sebagai alkali aktifator. Na_2SiO_3 (sodium silikat) merupakan salah satu bahan paling aman yang sering digunakan dalam industri kimia, hal ini dikarenakan proses produksi yang lebih sederhana. Sodium silikat mempunyai 2 bentuk, yaitu padatan dan larutan, untuk campuran beton lebih banyak digunakan dengan bentuk larutan. NaOH (sodium hidroksida) merupakan oksidasi alkali yang reaktif dan merupakan basa yang kuat. NaOH dihasilkan melalui elektrolisis larutan NaCl . Na termasuk logam alkali pada golongan 1 pada tabel periodik kecuali hidrogen dan semua unsur ini sangat reaktif sehingga secara alami tidak ditemukan dalam bentuk tunggal. Sodium hidroksida berfungsi untuk mereaksikan unsur-unsur Al dan Si yang terkandung dalam *fly ash* sehingga dapat menghasilkan ikatan polimer yang kuat. Sedangkan sodium silikat mempunyai fungsi untuk mempercepat reaksi polimerisasi (Hardjito et al, 2004 (dalam Dian Rahma Fitriani, 2010)).

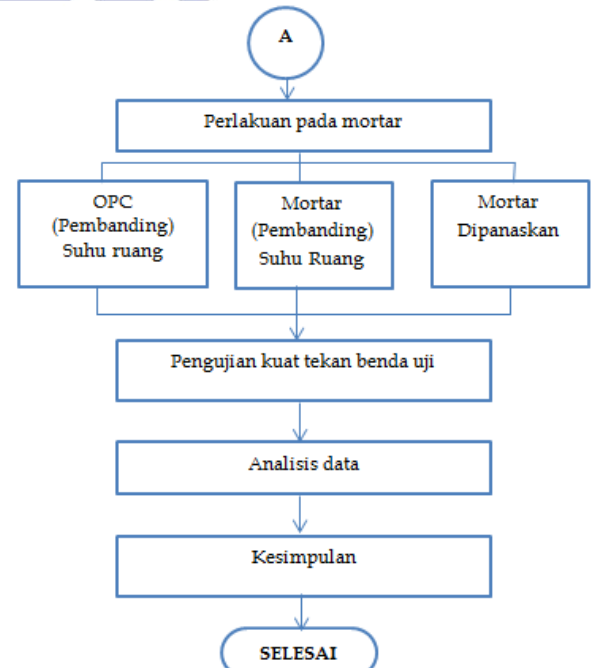
Aktivator yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Na_2SiO_3 dan NaOH . Na_2SiO_3 mengandung 96% sodium silikat yang berbentuk gel, sedangkan NaOH berbentuk serpihan yang telah dilarutkan menjadi cairan yang mengandung 98% sodium hidroksida. Perbandingan antara sodium silikat dan sodium hidroksida sebesar 1:1,5

METODE

Jenis penelitian yang digunakan adalah uji laboratorium (*experimental*), merupakan bentuk khusus dari investigasi yang digunakan untuk menentukan variabel apa sajakah serta bagaimana bentuk hubungan antara satu dengan lainnya. Penelitian yang dilakukan berupa uji laboratorium dengan menerapkan suhu yang bervariasi (40°C , 50°C , 60°C dan 80°C) pada pembuatan beton tanpa kapur berbahan dasar *fly ash* dengan menggunakan larutan NaOH 8 M dan 10 M. Dimensi benda uji yaitu kubus mortar dengan diameter $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$. Selanjutnya dilakukan uji kuat tekan. Berikut merupakan bagan alur penelitian.



Gambar 2. Diagram alur penelitian (1)



Gambar 3. Diagram alur penelitian (2)

Rencana benda uji merupakan rincian jumlah benda uji yang akan dibuat dalam penelitian ini. Benda uji yang dibuat akan digunakan untuk pengujian kuat tekan sesuai dengan umur rencana yang ditentukan. Berikut tabel rencana benda uji yang akan dibuat pada penelitian ini.

Tabel 1. Rencana Benda Uji

Benda Uji	Proporsi Campuran	Perlakuan Suhu	Jumlah Benda Uji			
			3 hari	7 hari	14 hari	28 hari
A	PC	Ruang	3	3	3	3
B	FA + NaOH 8M + Pasir	Ruang	3	3	3	3
C	FA + NaOH 8M + Pasir	40°C	3	3	3	3
D	FA + NaOH 8M + Pasir	50°C	3	3	3	3
E	FA + NaOH 8M + Pasir	60°C	3	3	3	3
F	FA + NaOH 8M + Pasir	80°C	3	3	3	3
G	FA + NaOH 10M + Pasir	Ruang	3	3	3	3
H	FA + NaOH 10M + Pasir	40°C	3	3	3	3
I	FA + NaOH 10M + Pasir	50°C	3	3	3	3
J	FA + NaOH 10M + Pasir	60°C	3	3	3	3
K	FA + NaOH 10M + Pasir	80°C	3	3	3	3
Jumlah			33	33	33	33
Jumlah Total			132			

Setelah pembuatan rancangan benda uji perlu dilakukan perhitungan *mix design* campuran mortar geopolimer yang akan dibuat. Dalam penelitian ini, rencana campuran menggunakan rencana *mix design* dari penelitian Nath et al. (2014) yang dituangkan dalam tabel sebagai berikut :

Tabel 2. *Mix Design* Mortar 8M

	Pasir	Fly Ash	NaOH	Na ₂ SiO ₃	Air	Satuan
Komposisi	2,75	1	0,206	0,309	0,075	gr
Kebutuhan	5671,88	2062,50	424,88	637,31	154,69	gr
Keb/variati	1134,38	412,50	84,98	127,46	30,94	gr

Tabel 3. *Mix Design* Mortar 10M

	Pasir	Fly Ash	NaOH	Na ₂ SiO ₃	Air	Satuan
Komposisi	2,75	1	0,206	0,309	0,075	gr
Kebutuhan	5671,88	2062,50	431,06	646,59	154,69	gr
Keb/variati	1134,38	412,50	86,21	129,32	30,94	gr

Persiapan alkali aktivator pada penelitian ini menggunakan konsentrasi molaritas 8 M dan 10 M. Pelarutan butiran NaOH dengan air, perhitungan aktivator atau NaOH 8 M adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Mr NaOH} &= \text{Mr Na} + \text{Mr O} + \text{Mr H} \\ &= 16 + 1 + 23 \\ &= 40\end{aligned}$$

$$8 \text{ M} = 1 \text{ Liter}$$

$$\text{Molaritas} = \frac{\text{mol}}{\text{volume}} \text{ dimana } \text{mol} = \frac{\text{gram}}{\text{Mr}}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}\text{Molaritas} &= \frac{\text{gram}}{\text{Mr}} \times \frac{1}{\text{Volume}} \\ 8 \text{ M} &= \frac{\text{gram}}{40} \times \frac{1}{1} \\ &= 320 \text{ gram}\end{aligned}$$

Pelarutan butiran NaOH dengan air, perhitungan aktivator atau NaOH 10 M adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Mr NaOH} &= \text{Mr Na} + \text{Mr O} + \text{Mr H} \\ &= 16 + 1 + 23\end{aligned}$$

$$= 40$$

$$10 \text{ M} = 1 \text{ Liter}$$

$$\text{Molaritas} = \frac{\text{mol}}{\text{volume}} \text{ dimana } \text{mol} = \frac{\text{gram}}{\text{Mr}}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}\text{Molaritas} &= \frac{\text{gram}}{\text{Mr}} \times \frac{1}{\text{Volume}} \\ 10 \text{ M} &= \frac{\text{gram}}{40} \times \frac{1}{1} \\ &= 400 \text{ gram}\end{aligned}$$

Pembuatan benda uji dilaksanakan berdasarkan standar ASTM, baik saat pengadukan mortar maupun saat penuangan pada cetakan. Langkah-langkah pembuatan mortar geopolimer adalah (1) Menyiapkan alat dan bahan (2) Menimbang seluruh material yang akan dibuat menjadi mortar sesuai dengan *mix design* yang telah dihitung (3) Mencampur seluruh bahan. Pasir, *fly ash*, air, cairan NaOH dan Na₂SiO₃ yang telah ditimbang kemudian dicampur menggunakan *mixer*. (4) Adonan yang telah homogen kemudian dituang ke dalam cetakan kubus berdimensi 5 cm x 5 cm x 5 cm yang telah dilapisi oli, hal ini bertujuan agar mortar tidak melekat pada cetakan. Proses penuangan pada cetakan dilakukan bertahap disertai dengan proses pemadatan menggunakan stik besi (*tamping*). Prosedur pemadatan dilaksanakan sesuai dengan standar yang telah dijelaskan sebelumnya (ASTM C 109). (5) Setelah proses penuangan adonan mortar dan pemadatan selesai dilakukan, selanjutnya adalah melapisi cetakan dengan *plastic wrap*. Hal ini bertujuan untuk meminimalisir air yang menguap ketika mortar dipanaskan. Selanjutnya adalah memasukkan cetakan mortar ke dalam oven dengan suhu yang telah ditentukan dan dipanaskan selama 6 jam. (6) Melepas mortar dari cetakan dilakukan setelah mortar berada pada suhu ruang 24 jam terhitung sejak mortar keluar dari oven.



Gambar 2. Proses Mencampur Adonan Mortar



Gambar 3. Hasil Cetakan Mortar

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Hubungan Kuat Tekan dengan Usia Pengujian

Pengujian kuat tekan dilakukan menggunakan *Hidraulic universal testing machine* pada Laboratorium Teknologi Bahan dan Beton Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya dengan kepekatan 8 M dan 10 M. Seluruh proses pengujian dilakukan berdasarkan pedoman ASTM C 109. Adapun perhitungan Kuat Tekan didapatkan dengan rumus berikut:

$$f_m = \frac{P_{maks}}{A}$$

Dimana:

f_m = Kuat tekan maksimum beton (MPa)

P = Beban Maksimum (N)

A = luas permukaan benda uji (mm²)

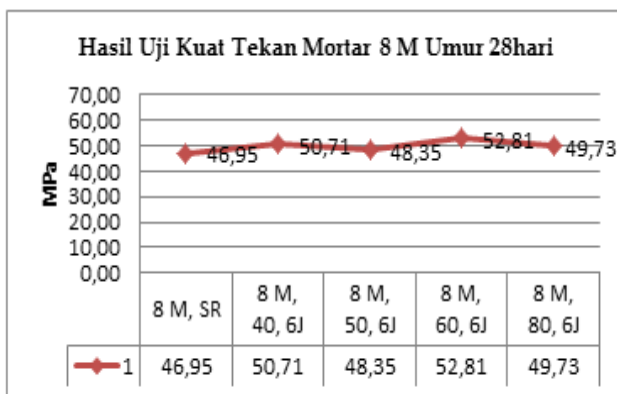
Uji tekan dilakukan sesegera mungkin setelah mealalui proses curing di dalam air selama 24 jam. Karena umur pengujian memiliki toleransi yang diijinkan, yakni:

Tabel 4. Toleransi Umur Pengujian

Umur Pengujian	Toleransi
24 jam	± ½ jam
3 hari	± 1 jam
7 hari	± 3 jam
28hari	± 12 jam

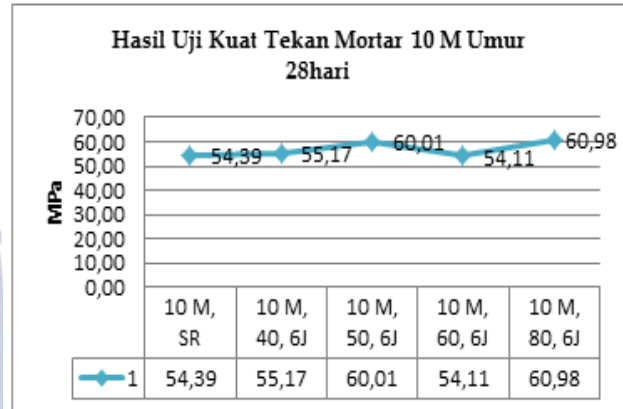
Analisis perbandingan hubungan kuat tekan dengan variasi suhu pemanasan

Seluruh hasil pengujian akan dibandingkan untuk mengetahui pengaruh yang terjadi antara kuat tekan terhadap suhu dan lama pemanasan mortar *geopolymer* dengan molaritas 8 M dan 10 M.



Gambar 4. Grafik kuat tekan mortar *geopolymer* 8 M usia 28 hari

Hasil uji kuat tekan mortar geopolimer 8 M pada usia 28 hari menunjukkan angka yang relatif sama pada seluruh variasi suhu pemanasan. Dengan tidak adanya peningkatan kuat tekan yang signifikan dapat diartikan bahwa sudah tidak ada reaksi polimerasi pada material penyusun mortar.



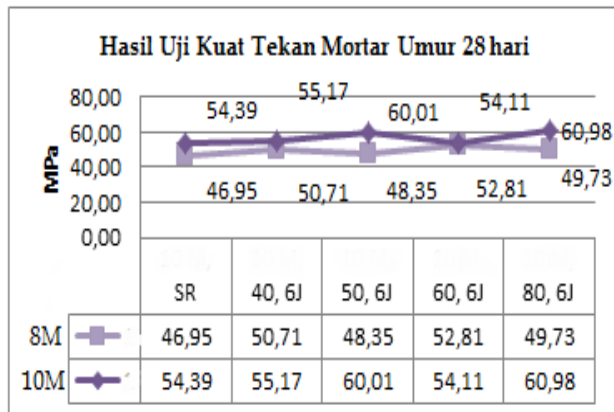
Gambar 5. Grafik kuat tekan mortar *geopolymer* 10M usia 28 hari

Hasil uji tekan mortar geopolimer 10 M usia 28 hari menunjukkan bahwa Hasil uji kuat tekan menunjukkan angka yang relatif sama pada seluruh variasi suhu pemanasan. Dengan tidak adanya peningkatan kuat tekan yang signifikan dapat diartikan bahwa sudah tidak ada reaksi polimerasi pada material penyusun mortar

Dari seluruh analisa hubungan kuat tekan mortar geopolimer dengan usia pengujian dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi suhu pemanasan maka akan mempercepat proses polimerisasi. Berdasarkan uraian hasil uji kuat tekan mortar geopolimer ditinjau dari material penyusun mortar geopolimer dan menghasilkan kuat tekan yang lebih baik.

Mortar geopolimer 8M dengan suhu pemanasan 40°C, 50°C dan 60°C mengalami reaksi polimerisasi lebih lambat daripada suhu pemanasan 80°C, hal tersebut terlihat dari hasil kuat tekan pada usia 3 hari yang tidak menunjukkan peningkatan signifikan. Namun konsentrasi alkali aktivator yang lebih tinggi (10 M) dengan suhu pemanasan 40°C, 50°C dan 60°C menunjukkan adanya peningkatan kuat tekan sejak usia 3 hari. Dan reaksi polimerisasi dari kedua jenis mortar (8M dan 10M) tersebut berhenti pada saat yang sama yaitu saat mortar geopolimer memasuki usia 14 hari dan menghasilkan kuat tekan yang relatif stabil hingga umur 28 hari.

Analisis perbandingan hubungan kuat tekan dengan molaritas



Gambar 6. Grafik perbandingan Kuat tekan mortar *geopolymer* 8 M dan 10 M usia 28 hari

Perbandingan kuat tekan mortar geopolimer 8M dan 10M pada usia 28 hari (Grafik 4.22) menunjukkan bahwa mortar geopolimer 10M lebih unggul. Hal tersebut disebabkan oleh konsentrasi kepekatan yang mempengaruhi pengikatan unsur Al dan Si yang terkandung dalam *fly ash* pada pembuatan mortar *geopolymer*, dimana konsentrasi 10M lebih pekat dari pada 8M dan mengikat unsur Al dan Si dengan lebih baik. Kemudian hasil kuat tekan tertinggi dihasilkan dari pemanasan 80°C yaitu 60,98 MPa. Sesuai dengan penjelasan pada sub bab analisis hubungan kuat tekan mortar geopolimer dengan usia pengujian bahwa pemanasan dengan suhu yang semakin tinggi menghasilkan kuat tekan yang lebih baik. Hal itu disebabkan oleh proses *curing* serta *setting time* yang cukup baik yang berakibat oleh proses polimerisasi yang optimum.

Berdasarkan uraian hasil uji kuat tekan mortar geopolimer ditinjau dari analisa hubungan kuat tekan mortar geopolimer dengan molaritas dapat disimpulkan bahwa seiring bertambahnya konsentrasi molaritas, menjadikan mortar semakin baik dalam mengikat unsur Al dan Si yang terdapat pada *fly ash*, oleh sebab itu mortar geopolimer 10 M memiliki kuat tekan yang lebih baik dibandingkan dengan mortar geopolimer 8 M.

Kemudian dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi perlakuan suhu yang diberikan pada mortar *geopolymer* semakin tinggi pula nilai kuat tekan yang dihasilkan. Kesimpulan ini didapat dari seluruh grafik yang menunjukkan bahwa pemanasan mortar geopolimer dengan suhu 80°C menghasilkan kuat tekan optimum. Hal tersebut disebabkan oleh proses polimerisasi yang terjadi lebih baik pada saat diberi pemanasan dengan

suhu tinggi. Selain itu, semakin tinggi usia pengujian semakin tinggi pula nilai kuat tekan yang dihasilkan.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil pembahasan diatas, dapat disimpulkan: (1) Sesuai dengan tujuan penelitian ini, didapatkan suhu optimum pada kuat tekan mortar *geopolymer* berbahan dasar abu terbang dengan molaritas 8 M dan 10 M, yaitu 80°C. Ditinjau dari tabel serta grafik kuat tekan dengan usia pengujian, maka hasil yang paling maksimal diantara keempat usia pengujian adalah pada saat usia 28 hari dengan perlakuan suhu 80°C. Hal ini dipengaruhi oleh proses polimerisasi pada mortar *geopolymer* yang semakin baik jika mendapat perlakuan dengan suhu tinggi. (2) Pada penelitian ini, nilai kuat tekan maksimal pada mortar *geopolymer* berbahan dasar abu terbang dengan molaritas 8 M dan 10 M didapat pada usia 28 hari dengan suhu pemanasan 80°C dan lama pemanasan 6 jam. Pada konsentrasi molaritas 8 M, 80°C dengan lama pemanasan 6 jam didapat nilai kuat tekan paling tinggi yaitu sebesar 49,73 MPa. Sedangkan untuk konsentrasi molaritas 10 M, 80°C dengan lama pemanasan 6 jam didapat nilai kuat tekan yaitu sebesar 60,98 MPa. Nilai kuat tekan maksimal didapat pada konsentrasi molaritas 10 M.

Saran

Adapun saran pada penelitian ini adalah: (1) Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mortar geopolimer dengan perlakuan suhu (40°C, 50°C, 60°C dan 80°C) dengan benda uji silinder ataupun balok beton. (2) Diharapkan adanya penelitian lanjutan dengan melibatkan berbagai macam variasi konsentrasi molaritas, perlakuan suhu serta lama pemanasan pada penelitian mortar geopolimer. (3) Diharapkan penelitian tentang geopolimer berikutnya dapat meneliti aspek selain kuat tekan, seperti porositas atau keausan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, Andi Arham. 2009. Strenght and durability properties of alkali actived slag and fly ashbased *geopolymer* concrete. Thesis. Australia: RMIT University.
- Arie Wardhono, David W. Law, and Thomas C.K. Molyneaux, 2015a, "Long term performance of alkali activated slag concrete", Journal of Advanced Concrete Technology, March 2015, Vol. 13, No. 3, page 187-19.
- Arie Wardhono, David W. Law and Anthony Strano, 2015b, "The strength of alkali-activated slag/fly ash mortar blends at ambient

- temperature”, Journal of Procedia Engineering, Vol. 125, page 650-656.
- Arie Wardhono, David W. Law and Thomas C.K. Molyneaux, 2016, “Flexural Strength of Low Calcium Class F Fly Ash-based Geopolymer Concrete in Long Term Performance”, Journal of Materials Science Forum, Vol. 841, page 104-110.
- Arie Wardhono, Chamila Gunasekara, David W. Law, and Sujeewa Setunge, 2017, “Comparison of Long Term Performance Between Alkali Activated Slag and Fly Ash Geopolymer Concretes”, Journal of Construction and Building Materials, July 2017, Vol. 143, page 272-279.
- David W. Law, Andi Arham Adam, Thomas K. Molyneaux, Indubhushan Patnaikuni and Arie Wardhono, “Long Term Durability Properties of Class F Fly Ash Geopolymer Concrete”, Journal of Materials and Structures, March 2015, Vol.48, Issue 3, page 721-731, ISSN: 1359-5997.
- ASTM C109 / C109M. Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens)
- ASTM C 305-99, Mechanical Mixing of Hydraulic Cement Pastes and Mortars of Plastic Consistency, USA
- C. D. Budh, N. R Warhade, 2014, “Effect of Molarity on Compressive Strength of Geopolymer Mortar.”, International Journal of Civil Engineering
- Davidovits, J (1991). Geopolymer : Inorganic Polymeric New Materials, Geopolymer Institute, France.
- Hardjito, D.and Rangan, B.V (2005), Development and Properties of LowCalcium Fly Ash-Based Geopolymer Concrete, Perth, Australia
- Manoj Kumar Rajak, Dr. L. B. Roy dan Dr. Baboo Ray, 2017, Strength And Acid Resistance Of Low Calcium Fly Ash-Based Geopolymer Mortar, International Journal in Physical and Applied Sciences.
- Pradip Nath, Prabir Kumar Sarker, 2014, “Effect of GGBFS on Setting, Workability and Early Strength Properties of Fly Ash Geopolymer Concrete Cured in Ambient Condition.”, Jurnal Elsevier