JURNAL REKAYASA TEKNIK SIPIL

REKATS

UNESA

Universitas Negeri Surabaya

JURNAL ILMIAH TEKNIK SIPIL	VOLUME:	NOMER:	HALAMAN:	SURABAYA	ISSN:
	03	03	99 - 104	2017	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

Novi Dwi Pratama, Nur Andajani, ... 01 – 08

ANALISIS HASIL PERHITUNGAN KONSTRUKSI GEDUNG GRAHA ATMAJA SURABAYA MENGGUNAKAN BEBAN GEMPA SNI 1726-2012 DAN PERHITUNGAN BETON SNI 2847-2013

Ferry Sandrian, Sutikno, ... 09 – 16

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG KANTOR BNL PATERN SURABAYA MENGGUNAKAN METODE BALOK PRATEKAN DENGAN BERDASARKAN SNI 2847:2013

Tono Siswanto, Mochamad Firmansyah S., ... 17 – 26

ANALISA PERBANDINGAN HASIL PERHITUNGAN KONSTRUKSI GEDUNG GRAHA ATMAJA SURABAYA MENGGUNAKAN SNI GEMPA 1726-2002 DAN SNI GEMPA 1726-2012

Erick Ryananda Yulistiya, Sutikno, ... 27 – 32

ANALISIS PENINGKATAN RUAS JALAN MOJOSARI-PANDANARUM KM 42+435-51+732 KABUPATEN MOJOKERTO JAWA TIMUR

Andik Setiawan, Purwo Mahardi, ... 33 – 38

PEMANFAATAN LIMBAH KULIT KERANG DARAH DAN *SLUDGE* INDUSTRI KERTAS SEBAGAI SUBTITUSI PASIR DAN PENAMBAHAN *CONPLAST* WP 421 DAN *MONOMER* PADA PEMBUATAN BATAKO

Thobagus Rodhi Firdaus, Mas Suryanto, ... 39 – 46

ANALISIS PEMAMPATAN WAKTU TERHADAP BIAYA PADA PEMBANGUNAN *MY TOWER HOTEL & APARTMENT PROJECT* DENGAN MENGGUNAKAN METODE *TIME COST TRADE OFF* (TCTO)

Aulia Putri Andhita, Hasan Dani, ... 47 – 55

ANALISIS MANFAAT-BIAYA PEMBANGUNAN JALAN AKSES DAN JEMBATAN MASTRIP-JAMBANGAN

Irwan Fachri Muannas, Purwo Mahardi, ... 56 – 62

UNESA Universitas Negeri Surabaya

Halaman

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 12 M DAN 14 M

Rifky Farandy Pramudita, Arie Wardhono, ... 70 – 76

PENGARUH LAMA PEMANASAN TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR GEOPOLIMER MEMANFAATKAN FLY ASH DENGAN MOLARITAS 8M DAN 10M

Danan Jaya Tri Yanuar, Arie Wardhono, ... 77 – 83

ANALISA PERKIRAAN TOTAL WAKTU DAN BIAYA PROYEK DENGAN MENGGUNAKAN METODE COST SCHEDULE CONTROL SYSTEM CRITERIA (C/S-CSC) PADA PELAKSANAAN STRUKTUR PEMBANGUNAN FASUM (FASILITAS UMUM) DAN FASOS (FASILITAS SOSIAL) PT. INDUSTRI GULA GLENMORE KABUPATEN BANYUWANGI

Priestianti Diandra, Mas Suryanto HS., ... 84 – 90

IDENTIFIKASI DAN ANALISA RISIKO KONSTRUKSI YANG MEMPENGARUHI MUTU DENGAN METODE FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS DAN FAULT TREE ANALYSIS PADA PROYEK PEMBANGUNAN APARTEMEN GRAND SUNGKONO LAGOON SURABAYA

Trisna Anggi Prasetya, Mas Suryanto HS., ... 91 – 98

PENGARUH LAMA PEMANASAN TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR *GEOPOLYMER* DENGAN MOLARITAS TINGGI

Rizky Ismantoro Putra, Arie Wardhono., ... 99 – 104

UNESA Universitas Negeri Surabaya

PENGARUH LAMA PEMANASAN TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR *GEOPOLYMER* DENGAN MOLARITAS TINGGI

Rizky Ismantoro Putra
Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: rizkyisman13@gmail.com

Arie Wardhono
Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Abstrak

Geopolymer merupakan produk beton geosintetik dimana reaksi pengikatan yang terjadi adalah reaksi polimerisasi. Dalam reaksi polimerisasi, Alumunium (Al) dan Silika (Si) mempunyai peranan penting dalam ikatan polimerisasi. *Geopolymer* telah banyak diteliti ,beberapa peneliti telah membuktikan bahwa suhu panas sangat berdampak terhadap ikatan yang terjadi pada mortar *geopolymer*. Suhu panas akan memperkuat reaksi senyawa, sehingga kuat tekan dari mortar *geopolymer* akan meningkat seiring dengan peningkatan suhu dan lama pemanasan yang diberikan.

Pada penelitian digunakan metode lama pemanasan dengan suhu 60°C. Varisi lama pemanasan yang digunakan yaitu 3, 6, 18, dan 24 jam . Mortar yang digunakan yaitu mortar *geopolymer* berukuran 5 x 5 x 5 cm, berbahan dasar *fly ash* type C dengan water solid ratio sebesar 0,35. Molaritas yang digunakan 12 M dan 14 M dengan perbandingan Na_2Si0_3 : NaOH yaitu 1,5 : 1. Uji yang digunakan yakni uji kuat tekan.

Kuat tekan maksimum yang dihasilkan mortar *geopolymer* 12 M pada usia 28 hari adalah pada lama pemanasan 24 jam dengan suhu 60°C yaitu sebesar 59,86 MPa. Sedangkan pada mortar *geopolymer* 14 M adalah pada lama pemanasan 3 jam dengan suhu 60°C yaitu sebesar 63,66 MPa. Lama pemanasan paling optimum yang didapatkan dari penelitian yaitu 7 jam 12 menit..

Kata Kunci: Molaritas tinggi, *geopolymer,* lama pemanasan, kuat tekan, mortar.

Abstract

Geopolymer is a geosynthetic concrete product in which the binding reaction takes place is a polymerization reaction. In polymerization reactions, Aluminum (Al) and Silica (Si) have an important role in polymerization bonding . Geopolymers have been extensively studied, some researchers have proved that high temperatures greatly affect the bonding that occurs in mortar geopolymers. The heat temperature will strengthen the reaction of the compound, so the compressive strength of the geopolymer mortar will increase along with the increase in temperature and the given heating time.

In the research used the method of heating with a temperature of 60°C. The used heating time is 3, 6, 18, and 24 hours. Mortar used is mortar geopolymer measuring 5 x 5 x 5 cm^3, based on fly ash type C with water solid ratio of 0.35. Molarity used 12 M and 14 M with the ratio Na_2Si0_3: NaOH is 1.5: 1. Test used the test of compressive strength.

The maximum compressive strength produced by mortar geopolymer 12 M at age 28 days is on 24 hours heating time with 60°C i.e. 59,86 MPa. While on the geopolymer mortar 14 M is on the heating 3 hours with temperature 60°C that i.e. to 63,66 MPa. The most optimum warm-up duration obtained from the research is 7 hours 12 minutes.

Keywords: *High molarity, geopolymer, heating duration, compressive strength, mortar*

PENDAHULUAN

Penggunaan beton sebagai konstruksi utama dalam pembangunan struktur gedung dan bangunan umum banyak dipergunakan. Karena, beton adalah bahan konstruksi yang paling umum digunakan di masyarakat, yang diproduksi secara konvensional. Menurut Metha (1997) konsumsi dunia untuk beton sekitar 8,8 juta ton setiap tahun, dan kebutuhan material ini akan meningkat dari tahun ke tahun sejalan dengan meningkatnya

kebutuhan sarana dan prasarana dasar manusia Manuahe dkk., 2014). Penggunaan beton tidak akan lepas dari penggunaan semen sebagai bahan dasar pembuatan beton. Semen sudah menjadi andalan dalam setiap kostruksi. Semakin banyak permintaan pasar atas ketersediaan semen maka akan mendongkrak setiap industri semen untuk terus memproduksi semen dalam skala besar. Semakin banyak semen diproduksi maka akan semakin besar pula dampak dari produksi tersebut. Karena industri semen merupakan salah satu penyumbang polutan yang cukup besar pada pencemaran udara seperti emisi gas dan partikel debu. Dalam proses produksi semen sebagian besar menggunakan bahan bakar fosil, jadi menimbulkan dampak gas rumah kaca. Sebagai pengikat utama beton, rasio semen dalam beton tradisional adalah sekitar 10% - 15% dari massa beton. Produksi OPC telah menghasilkan masalah lingkungan selama produksi CO^2 dengan sekitar 1 ton CO^2 yang dihasilkan per 1 ton OPC (Wardhono dkk., 2015a).

Seiring berkembangnya zaman dan ilmu pengetahuan dan teknologi, mulai dikembangkang bahan alternatif pengganti semen. Salah satu bahan alternatif yang mulai dikembangkan ialah material *geopolymer*. *Geopolymer* merupakan produk beton geosintetik dimana reaksi pengikatan yang terjadi adalah reaksi polimerisasi. Dalam reaksi polimerisasi ini Alumunium (Al)dan Silika (Si) mempunyai peranan penting dalam ikatan polimerisasi (Davidovits, 1991). Unsur tersebut diaktifkan langsung oleh alkali. Tanpa PC, memanfaatkan Sodium Silikat (Na_2SiO_3), Sodium Hidroksida (NaOH), atau Sodium Karbonat (Na_2CO_3) sebagai aktivator. (Bakharev dkk., 1999; Law, 2015; Wardhono, 2016; Wardhono, 2017)

Pada perkembangannya *geopolymer* telah banyak diteliti, mulai dari pengaruh variasi pengujian, variasi penambahan bahan alternatif lain, variasi molaritas, sampai dengan pemanasan dalam bentuk beton *geopolymer* dan mortar *geopolymer*. Beberapa peneliti telah membuktikan bahwa suhu panas sangat berdampak terhadap ikatan yang terjadi pada mortar *geopolymer*. Suhu dingin mengakibatkan proses hidrasi sulit dicapai dan kekuatan awal mortar sulit didapatkan. Maka diperlukan panas tambahan dalam kegiatan perawaatan mortar. Suhu panas akan memperkuat reaksi senyawa, sehingga kuat tekan dari mortar *geopolymer* akan meningkat seiring dengan peningkatan suhu yang diberikan. Oleh sebab itu, metode pemanasan sangat disarankan untuk mortar *geopolymer*.

Perawatan dengan metode pemanasan membantu proses polimerisasi yang terjadi pada pasta *geopolymer*. Pada penelitian yang dilakukan oleh Hardjito (2010) dan Rangan, suhu perawatan pada beton *geopolymer* dengan prekursor *fly ash* menggunakan suhu 60ºC. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lamanya proses perawatan beton *geopolymer* akan mempengaruhi kuat tekan yang dihasilkan (Pujianto dkk., 2013).

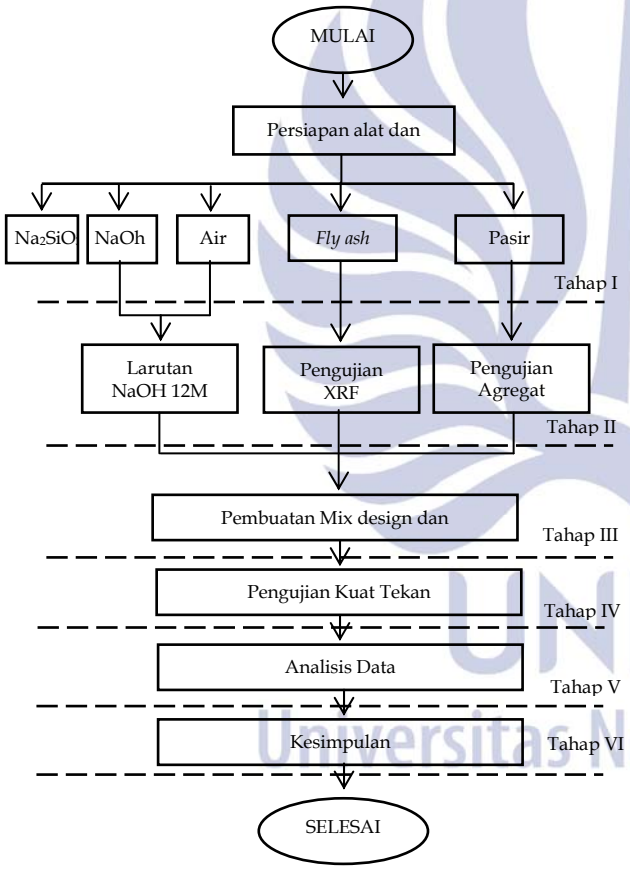
Selain pada suhu, lama pemanasan juga berpengaruh terhadap reaksi senyawa yang ada di dalam beton *geopolymer*. Hasil penelitian Susilowati dan Setyono (2013) mengenai dampak perawatan terhadap kuat tekan mortar *geopolymer* dengan berbagai variasi aktivator menunjukan bahwa perawatan dengan metode oven (90° selama 24 jam) dapat meningkatkan kuat tekan mortar *geopolymer*. Adapun peningkatan kekuatan kekuatan tekan pada umur 28 hari dengan oven (90º, 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 (Khoiriyah dan Maisytoh., 2016). Menurut penelitian Bakharev (1999) penelitian terhadap beton *geopolymer* yang berbahan dasar slag dengan kandungan CaO lebih dari 10 % yang sama dengan kandungan dari *Fly ash* kelas C ini dipanaskan dengan suhu 70°C dengan lama pemanasan 3 jam beton memiliki kekuatan tekan sebesar 14 MPa, dengan lama pemanasan 6 jam beton memiliki kekuatan tekan sebesar 17 MPa, dan dengan lama pemanasan 24 jam beton memiliki kekuatan tekan sebesar 21 MPa (Wardhono, 2015a, 2015b). Menurut penelitian Manuahe dkk (2014) yang menggunakan *fly ash* kelas F dengan kandungan CaO kurang dari 10 % ini beton *geopolymer* pada umur 7 hari melalui curing temperature 60˚C dengan variasi *curing time* selama 4 jam, 8 jam, 12 jam dan 24 jam dapat disimpulkan, bahwa semakin lama *curing time* maka semakin besar kuat tekan yang dihasilkan. Kuat tekan optimum yang dihasilkan pada *curing time* selama 24 jam dengan nilai f'c = 27,462 Mpa. Semakin lama pemanasan yang dilakukan maka semakin besar kekuatan beton *geopolymer* yang didapatkan.

Berdasarkan penelitian terdahulu, penulis bermaksud melakukan penelitian dengan menggunakan variasi lama pemanasan dengan menggunakan benda uji mortar *geopolymer* dan menggunakan molaritas tinggi yakni 12 dan 14 M. Bahan dasar yang digunakan adalah *fly ash* kelas C. Mortar *geopolymer* dengan bahan dasar *fly ash* kelas C tersebut dapat mengeras pada suhu ruangan saja. Dengan dilakukan pemanasan pada beton diharapkan akan meningkatkan kekuatan tekan yang dihasilkan. Karena mortar *geopolymer* akan cepat bereaksi pada suhu tinggi.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental untuk mencari dan menghasilkan data yang akan membuktikan hubungan antar variabel. Metode ini dilaksanakan di dalam laboratorium. Hasil yang telah didapatkan nantinya akan dianalisa secara statistik kuantitatif. Metode – metode tersebut akan digunakan untuk menganalisa hasil visual dari pengujian yang dilakukan.

Variasi lama pemanasan yang dilakukan adalah 3jam, 6 jam,18 jam, dan 24 jam pada suhu 60°C. Dimensi benda uji yaitu kubus dengan ukuran sisi 5 cm x 5 cm x 5 cm. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian kuat tekan dengan menggunakan alat tekan (Compression Machine Test) yang sesuai dengan standar SNI 03-0691-1996. Pengujian dilakukan pada umur beton mencapai 3,7,14, dan 28 hari. Tahap dan prosedur penelitian sebagai berikut :



Gambar 1. *Flowchart* penelitian.

Tahap awal pembuatan mortar dengan melakukan variasi *mix design* dengan perbedaan perbandingan Sodium Silikat (Na_2SiO_3) dengan Sodium Hidroksida (NaOH). Selanjutnya apabila telah didapatkan percobaan terhadap mortar tersebut, maka hasilnya dapat diterapkan pada pembuatan *mix design* benda uji nantinya. *Mix design* tersebut digunakan untuk pembuatan mortar dengan usia 3, 7, 14, dan 28 hari dengan ukuran 5 x 5 x 5 cm^3. Dalam pembuatan penggunaan alkali aktivator, peneliti mengambil hasil penelitian Nath dan Sarker yang menggunakan perbandingan Na_2SiO_3 dan NaOH diambil 1,5.

Tabel 1. Rencana Komposisi Mortar 12M

	Control 1	Control 2	BU 1	BU 2	BU 3	BU 4
Semen	1	-	-	-	-	-
FA	-	100%	100%	100%	100%	100%
Pasir	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75
NaOH	-	0,212	0,212	0,212	0,212	0,212
Na_2SiO_3	-	0,318	0,318	0,318	0,318	0,318
Aktifator	-	12 M	12 M	12 M	12 M	12 M
Air	0,485	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075
Lama Pemanasan	-	-	3 jam	6 jam	18 jam	24 jam
Suhu Pemanasan	25°C	25°C	60°C	60°C	60°C	60°C
Usia	3,7,14, 28 Hari	3,7,14, 28 Hari	3,7,14, 28 Hari	3,7,14, 28 Hari	3,7,14, 28 Hari	3,7,14, 28 Hari

Tabel 2. Rencana Komposisi Mortar 14 M

	Control 1	Control 2	BU 1	BU 2	BU 3	BU 4
Semen	1	-	-	-	-	-
FA	-	100%	100%	100%	100%	100%
Pasir	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75
NaOH	-	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Na_2SiO_3	-	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Aktifator	-	14 M	14 M	14 M	14 M	14 M
Air	0,485	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075
Lama Pemanasan	-	-	3 jam	6 jam	18 jam	24 jam
Suhu Pemanasan	25°C	25°C	60°C	60°C	60°C	60°C
Usia	3,7,14, 28 Hari	3,7,14, 28 Hari	3,7,14,28 Hari	3,7,14,28 Hari	3,7,14,28 Hari	3,7,14,28 Hari

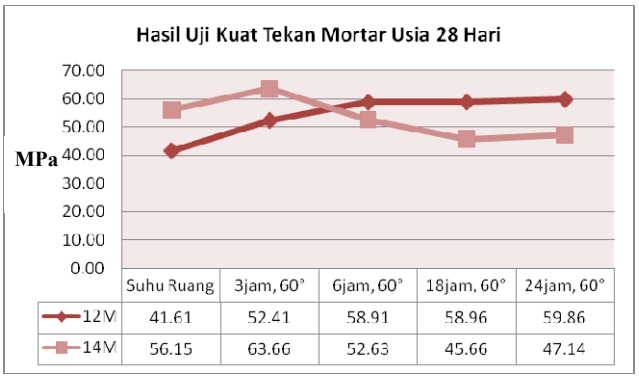
HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Perbandingan Molaritas terhadap Usia Pengujian

Tabel 3. Hasil Uji Kuat Tekan dalam 28 hari.

	Pemanasan	Hasil Kuat Tekan (MPa)
12 M	Suhu Ruang	41,61
	3 jam , 60°C	52,41
	6 jam , 60°C	58,91
	18 jam , 60°C	58,96
	24 jam , 60°C	59,86
14 M	Suhu Ruang	56,15
	3 jam , 60°C	63,66
	6 jam , 60°C	52,63
	18 jam , 60°C	45,66
	24 jam , 60°C	47,14

UNESA Universitas Negeri Surabaya



Gambar 2. Grafik Hasil Uji Kuat Tekan dalam 28 hari.

Dari Tabel 3 dan dari Gambar 2 diatas , menunjukan hasil pengujian kuat tekan dari mortar *geopolymer* 12 M dan 14 M dalam 28 hari. Kali ini didapatkan nilai kuat tekan paling rendah terdapat pada mortar 14 M dengan variasi lama pemanasan 18 jam dengan suhu 60°C yaitu sebesar 45,66 MPa. Berbeda dengan hari pengujian sebelumnya nilai kuat tekan paling tinggi didapatkan pada mortar 14 M dengan variasi lama pemanasan 3 jam dengan suhu 60°C yakni sebesar 63,66 MPa.

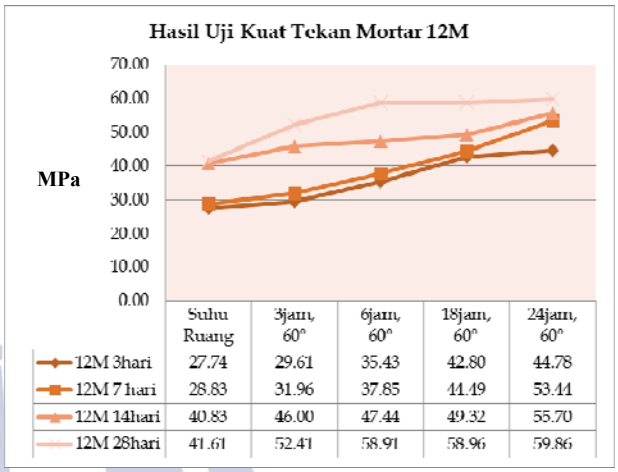
Dapat dilihat pada mortar *geopolymer* 12M pada usia 28 hari ini nilai kuat tekan terendah terdapat pada variasi pemanasan 3 jam 60 °C yaitu sebesar 52,41 MPa dan nilai kuat tekan tertinggi berada pada variasi lama pemanasan 24 jam 60 °C yaitu sebesar 59,86 MPa. Pada mortar *geopolymer* dengan kepekatan 12 M diusia 28 hari ini semakin lama pemanasan yang diberikan maka semakin meningkat kekuatan yang dihasilkan, dan juga penambahan kekuatan yang dihasilkan cenderung stabil.

Pada mortar *geopolymer* dengan kepekatan 14 M pada usia 28 hari, nilai kuat tekan yang terendah terdapat pada variasi pemanasan 18 jam 60 °C yaitu sebesar 45,66 MPa dan nilai kuat tekan tertinggi terdapat pada variasi peamanasan 3 jam dengan suhu 60°C, kuat tekan mencapai 63,66 MPa. Nilai kuat tekan menurun setelah dipanaskan selama 6 jam dengan suhu 60°C diangka 52,63 MPa, dan nilai kuat tekan semakin turun saat dipanaskan hingga 18 jam dengan suhu 60°C pada angka 45,66 MPa. Nilai kuat tekan mengalami kenaikan yang sedikit saat pemanasan diteruskan selama 24 jam dengan suhu 60°C yaitu sebesar 47,14 MPa.

Analisa Kuat Tekan Mortar *Geopolymer*

Tabel 4. Hasil Uji Kuat Tekan mortar *geopolymer* 12 M.

	Pemanasan	Hasil Kuat Tekan (MPa)			
		3 hari	7 hari	14 hari	28 hari
12 M	Suhu Ruang	27,74	28,83	40,83	41,61
	3 jam , 60°C	29,61	31,96	46,00	52,41
	6 jam , 60°C	35,43	37,85	47,44	58,91
	18 jam , 60°C	42,80	44,49	49,32	58,96
	24 jam , 60°C	44.78	53,44	55,70	59,86

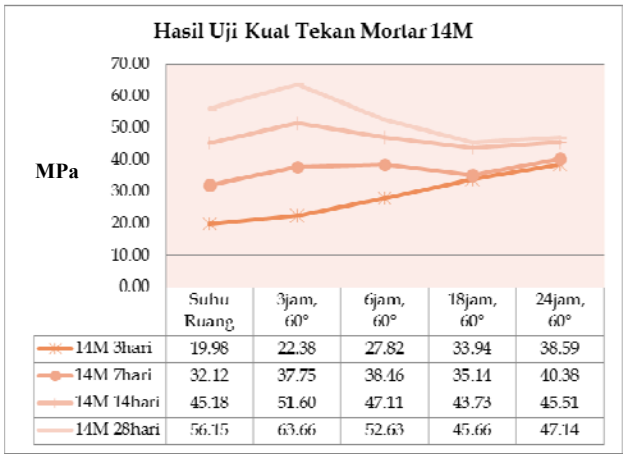


Gambar 3. Grafik Hasil Uji Kuat Tekan mortar *geopolymer* 12M.

Pada Gambar 3 terlihat kuat tekan yang paling tinggi terdapat pada umur pengujian 28 hari. Karena mortar *geopolymer* pada usia tersebut telah mengalami proses pengikatan yang baik, dengan kata lain reaksi pengikatan antara alkali aktivator dengan unsur Si dan Al yang terkandung didalam *fly ash* dapat berikatan secara baik dan sempurna. Pemanasan yang diberikan kepada mortar *geopolymer* 12 M sangat membantu proses polimerisasi. Dapat di lihat dari Gambar 3, bahwa tidak adanya penurunan pada grafik akibat pemanasan yang diberikan tersebut. Semakin lama pemanasan yang diberikan kepada mortar maka semakin besar pula kuat tekan yang dihasilkan. Mulai dari 3 jam pemanasan, nilai kuat tekan akan terus meningkat sampai pada pemanasan 24 jam. Dapat disimpulkan bahwa metode curing dengan cara pemanasan sangat membantu proses polimerisasi pada mortar *geopolymer* 12 M. Dapat dilihat pula dari beberapa variasi pada gambar diatas , lama pemanasan selama 24 jam dengan suhu 60°C adalah lama pemanasan paling maksimum yang dapat dihasilkan

Tabel 5. Hasil Uji Kuat Tekan mortar *geopolymer* 14 M.

	Pemanasan	Hasil Kuat Tekan (MPa)			
		3 hari	7 hari	14 hari	28 hari
14 M	Suhu Ruang	19,98	32,12	45,18	56,15
	3 jam , 60°C	22,38	37,75	51,60	63,66
	6 jam , 60°C	27,82	38,46	47,11	52,63
	18 jam , 60°C	33,94	35,14	43,73	45,66
	24 jam , 60°C	38,59	40,38	45,51	47,14

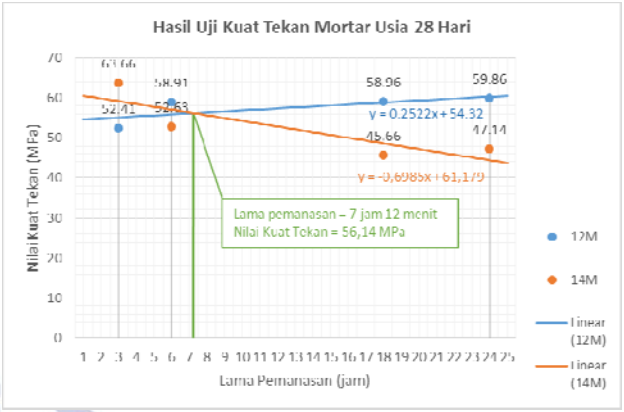


	Suhu Ruang	3jam, 60°	6jam, 60°	18jam, 60°	24jam, 60°
14M 3hari	19.98	22.38	27.82	33.94	38.59
14M 7hari	32.12	37.75	38.46	35.11	40.38
14M 14hari	45.18	51.60	47.11	43.73	45.51
14M 28hari	56.15	63.66	52.63	45.66	47.14

Gambar 4. Grafik Hasil Uji Kuat Tekan mortar *geopolymer* 12M.

Pada Gambar 4 terlihat juga kuat tekan yang paling tinggi terdapat pada umur pengujian 28 hari. Karena mortar *geopolymer* pada usia tersebut telah mengalami proses pengikatan yang baik, dengan kata lain reaksi pengikatan antara alkali aktivator dengan unsur Si dan Al yang terkandung didalam *fly ash* telah dapat berikatan secara baik dan sempurna.Pemanasan yang diberikan terhadap mortar *geopolymer* 14 M tidak banyak berpengaruh dalam proses polimerisasi. Terlihat dari Gambar 4, grafik pada umur pengujian 3 hari saja yang mengalami peningkatan seiring bertambahnya lama pemanasan yang diberikan. Grafik pada usia pengujian 7 hari menunjukan adanya penurunan tetapi cenderung masih stabil. Pada grafik usia pengujian 14 hari terlihat penurunan setelah dipanaskan selama 3 jam. Dan setelah 6 jam turun dan cenderung stabil. Pada grafik usia pengujian 28 hari terlihat jelas lama pemanasan yang menghasilkan kuat tekan paling tinggi adalah lama pemanasan 3 jam. Karena mortar *geopolymer* 14 M termasuk mortar yang memiliki kandungan NaOH yang cukup tinggi. Mortar *geopolymer* yang memiliki kandungan NaOH tinggi cepat bereaksi dengan unsur Si dan Al yang terdapat pada *fly ash*. Setting time yang diperlukan juga relatif lebih cepat. Maka mortar *geopolymer* 14 M hanya membutuhkan waktu pemanasan sebagai metode curing yang relatif singkat. Karena apabila pemanasan terlalu lama maka akan menghilangkan kandungan yang masih diperlukan didalam mortar pada usia muda (3 hari) akibatnya pada usia pengujian 28 hari akan tampak nilai kuat tekan turun. Karena unsur atau kandungan yang masih diperlukan pada proses polimerisasi pada usia 28 hari telah habis. Maka dapat disimpulkan bahwa lama pemanasan yang paling maksimum yang dihasilkan pada mortar *geopolymer* dengan kepekatan 14 M adalah 3 jam dengan suhu 60°C.

Apabila di ambil nilai kuat tekan mortar 12 M dan 14 M pada usia matang yaitu pada usia 28 hari dan dibandingkan akan terlihat seperti Gambar 5 dibawah ini.



Gambar 5. Grafik *Trendline* Hasil Uji Kuat Tekan mortar *Geopolymer* 12 M dan 14 M pada usia 28 hari.

Pada Gambar 5 diatas terlihat *Trendline* dari hasil pengujian kuat tekan mortar 12 M dan 14 M pada usia 28 hari. Kedua *Trendline* memiliki 2 rumus yang berbeda. Dan terdapat perpotongan antara 2 *Trendline* tersebut. Perpotongan garis tersebut akan menunjukan lama pemanasan yang optimum yakni 7 jam 12 menit dengan kuat tekan yang dihasilkan 56,14 MPa.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan tujuan yang mendahului dan hasil penelitian pengaruh lama pemanasan mortar *geopolymer* berbahan dasar *fly ash* yang telah dibahas , dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut :

1. Kuat tekan yang dihasilkan dari lama pemanasan mortar *geopolymer* dengan kepekatan 12 M pada usia 28 hari sangat berpengaruh dan mengalami peningkatan seiring bertambahnya waktu/ lama pemanasan. Dan kuat tekan yang paling maksimum terlihat pada lama pemanasan 24 jam pada suhu 60°C pada usia 28 hari yaitu sebesar 59,86 MPa. Kuat tekan yang dihasilkan dari lama pemanasan mortar *geopolymer* dengan kepekatan 14 M pada usia 28 hari tidak berpengaruh banyak dan tidak mengalami peningkatan seiring bertambahnya waktu / lama pemanasan. Kuat tekan yang paling maksimum terlihat pada lama pemanasan 3 jam pada suhu 60°C pada usia 28 hari yaitu sebesar 63,66 MPa.
2. Pada penelitian kali ini didapatkan lama pemanasan yang optimum untuk mortar *geopolymer* dengan kepekatan 12M dan 14M pada usia 28 yaitu selama 7 jam 12 menit dengan suhu 60°C yang menghasilkan kuat tekan optimum sebesar 56,14 MPa.

UNESA Universitas Negeri Surabaya

Saran

Setiap penelitian tidak lepas dari kekurangan, untuk mendapatkan hasil penelitian yang lebih baik lagi pada penelitian selanjutnya, berikut saran yang dapat digunakan :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada pengaruh waktu pemanasan dengan variasi waktu antara 3 jam sampai dengan 6 jam .
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan variasi lama pemanasan yang sama dengan benda uji silinder beton.
3. Pada proses pencampuran bahan benda uji mortar *geopolymer* lebih diperhatikan lagi agar mendapatkan campuran yang sama dan homogen, karena dapat berpengaruh pada hasil pengujian.
4. Pada proses pengujian mortar *geopolymer* lebih diperhatikan pada saat penentuan permukaan mortar yang akan ditekan dengan alat uji tekan, karena berpengaruh pada hasil uji tekan.

DAFTAR PUSTAKA

Davidovits, Joseph. 1991. "Geopolymer : Inorganic Polimeric New Material". *Journal of Thermal Analysis*. Vol. 37 (1633-1655)

Khoiriyah, Nurul Latifaf. Maisytoh, Putri. 2016. "Karakteristik Mortar Geopolimer Dengan Perawatan Oven Pada Berbagai Variasi Waktu Curing". Jakarta : *Jurnal Politeknik Negeri Jakarta* Vol. 15 No. 1.

Law. W. David, Adam. Arham Andi. Molyneaux. C. K. Thomas, Patnaikuni. Indubhushan, Wardhono. Arie. 2015. "Long Term Durability Properties of Class F Fly Ash Geopolymer Concrete". Melbourne : *Journal of Materials and Structures*, March 2015, Vol.48, Issue 3, page 721-731.

Manuahe, Riger, Sumajouw, Marthin D.J, dan Windah, Reky S. 2014."Kuat Tekan Beton Geopolymer Berbahan Dasar Abu Terbang (Fly Ash)". Manado: *Jurnal Sipil Statik* Vol.2 No.6.

Pujianto, As'at. NA, Anzila. DCA, Martiana. Hendra. 2013. "Kuat Tekan Beton Geopolimer dengan Bahan Utama Bubuk Lumpur Lapindo dan Kapur". Yogyakarta: *Jurnal Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*.

T. Bakharev, J.G. Sanjayan, Y. B. Cheng. 1999. "Effect of Elevated Temperature Curing on Properties of Alkali-Activated Slag Concrete:. *Journal of Cement and Concrete Research*.

Wardhono. Arie, Gunasekara. Chamila, Law. W. David, Setunge. Sujeeva .2017 . "Comparison of Long Term Performance Between Alkali Activated Slag and Fly Ash Geopolymer Concretes". Melbourne : *Journal of Construction and Building Materials*, July 2017, Vol. 143, page 272-279.

Wardhono. Arie, Law. W. David, Molyneaux. C. K. Thomas .2015 a. "Long Term Performance of Alkali Activated Slag Concrete". Melbourne : *Journal of Advanced Concrete Technology*, Vol. 13, No. 3, page 187-192.

Wardhono. Arie, Law. W. David, Molyneaux. C. K. Thomas .2016. "Flexural Strength of Low Calcium Class F Fly Ash-based Geopolymer Concrete in Long Term Performance". Melbourne: *Journal of Materials Science Forum*, Vol. 841, page 104-110.

Wardhono. Arie, Law. W. David, Strano. Anthony.2015 b. "The Strength of Alkali-Activated Slag/ Fly Ash Mortar Blends at Ambient Temperature". Melbourne : *Journal of Procedia Engineering*, Vol. 125, page 650-656.

UNESA Universitas Negeri Surabaya