

# PENGARUH HEAT CURING TERHADAP KUAT TEKAN DAN POROSITAS MORTAR GEOPOLIMER BERBAHAN DASAR ABU TERBANG KELAS C DAN NaOH 8 MOLAR

**Alit Adi Laksono**

Prodi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya.  
Email: [alitlaks20@gmail.com](mailto:alitlaks20@gmail.com)

**Arie Wardhono**

Dosen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
Email: [ariewardhono@unesa.ac.id](mailto:ariewardhono@unesa.ac.id)

## Abstrak

Bidang industri konstruksi di Indonesia adalah salah satu yang mempunyai pengaruh sangat besar terhadap perekonomian di Indonesia. Meningkatnya kemajuan infrastruktur yang akan dibangun membutuhkan material yang cukup banyak, maka produksi semen portland juga meningkat. Namun semen Portland merupakan material yang kurang ramah terhadap lingkungan. Maka alternatif yang digunakan sebagai pengganti material semen adalah abu terbang kelas C. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *heat curing* terhadap kuat tekan dan porositas berbahan dasar abu terbang kelas C dan bahan aktivator menggunakan kombinasi sodium silikat dan sodium hidroksida dengan molaritas 8M. Proses *heat curing* dilakukan pada temperature 60°C, 80°C, 100°C dengan variasi lama *heat curing* 3, 6, dan 24 jam. Perawatan geopolimer dengan suhu tinggi agar dapat mempercepat reaksi polimerisasi yang terjadi selama proses pengerasan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lama *heat curing* mampu meningkatkan kuat tekan mortar geopolimer. Kuat tekan awal 7 hari 28,94 MPa, 14 hari 28,79 MPa, dan pada 28 hari mencapai 29,15 MPa dengan temperature 100°C selama 24jam. Walaupun *heat curing* dapat meningkatkan kuat tekan mortar geopolimer, namun kuat tekan mortar geopolimer tanpa *heat curing* melebihi dari kuat tekan rencana.

**Kata Kunci:** Mortar, geopolimer, *heat curing*, kuat tekan, porositas

## Abstract

*The construction industry in Indonesia is one that has a huge influence on the economy in Indonesia. Increasing the progress of infrastructure to be built is requires a lot of material, so portland cement production also increases. But Portland cement is a less environmentally friendly material. So the alternative used as a substitute for cement material is C class flying ash. The study aimed to determine the effect of heat curing on the compressive strength and porosity made from class C fly ash and activator materials using a combination of sodium silicate and sodium hydroxide with molarity 8M. The heat curing process is carried out at temperatures of 60°C, 80°C, 100°C with variations of heat duration of 3, 6, and 24 hours. Treatment of geopolymers with high temperatures is in order to accelerate the polymerization reaction that occurs during the hardening process. The results showed that long heat curing was able to increase the strength of the geopolimer mortar press. The initial strength at 7 days 28.94 MPa, 14 days 28.79 MPa, and at 28 days reached 29.15 MPa with a temperature of 100 ° C for 24 hours. Although heat curing can increase the compressive strength of a geopolimer mortar, the higher strength of the geopolimer mortar without heat curing also exceeds the design compressive strength.*

**Keywords:** Mortar, geopolimer, *heat curing*, compressive strength, porosity

## PENDAHULUAN

Bidang industri konstruksi di Indonesia adalah salah satu yang mempunyai pengaruh sangat besar terhadap perekonomian di Indonesia. Meningkatnya kemajuan infrastruktur yang akan dibangun membutuhkan material yang cukup banyak. Maka produksi semen Portland juga meningkat. Semen Portland merupakan bahan perekat utama untuk pembuatan mortar, meningkatnya produksi semen Portland juga memberi dampak negatif terhadap lingkungan. Hal ini mengakibatkan perlunya inovasi untuk mengganti semen Portland sebagai bahan perekat dengan menggunakan geopolimer.

Mortar geopolimer merupakan mortar dengan material berbahan dasar alami sebagai pengikat dengan

kandungan silika dan aluminium (Hardjito dkk, 2005). Bahan yang digunakan untuk menggantikan semen Portland adalah *fly ash*.

Abu terbang (*fly ash*) merupakan hasil dari pembakaran batu bara pada pembangkit listrik. Dengan titik lebur sekitar 1300°C yang merupakan kandungan silika (SiO<sub>2</sub>) tinggi. Abu terbang tidak mempunyai kemampuan mengikat seperti semen Portland. Namun dengan penambahan bahan Sodium Hidroksida (NaOH) dan Sodium silikat (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) yang akan bereaksi membentuk ikatan polimer.

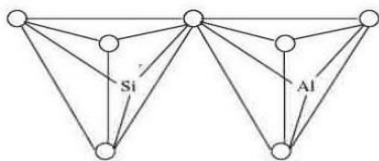
Dalam penelitian ini, digunakan mortar geopolimer dengan NaOH 8 Molar dengan *heat curing* yang dilakukan pada suhu 60°C, 80°C, 100°C dengan variasi waktu lama pemanasan 3, 6, dan 24jam. *Heat curing* geopolimer

dengan suhu tinggi agar dapat mempercepat reaksi polimerisasi yang terjadi selama proses pengerasan (Wardhono et al.2021).Fakta tersebut menjadikan penelitian ini lebih berfokus pada pembuatan dan pengujian mortar.

Mortar didefinisikan sebagai campuran material yang terdiri dari agregat halus (pasir), bahan perekat (tanah liat, kapur, semen portland) dan air dengan komposisi tertentu (SNI 03-6825-2002). Mortar megandung agregat halus di dalamnya. Mortar yang baik memiliki agregat halus yang bergradasi tidak seragam (*well gradded sand*) karena mampu mengurangi rongga udara, kebutuhan semen, dan air. Sebaliknya, mortar agregat halus dengan gradasi seragam memerlukan lebih banyak semen karena banyak terdapat rongga udara.

Geopolimer merupakan bagian dari ilmu polimer, kimia dan teknologi yang membentuk salah satu bidang utama ilmu material. Polimer organik, yaitu berbasis karbon, atau polimer anorganik, yaitu berbasis silikon. Polimer organik terdiri dari kelas polimer alam (karet, selulosa), polimer sintesis (serat tekstil, plastik, elastomer). Bahan baku yang digunakan dalam sintesis polimer berbasis silikon, terutama mineral pembentuk batuan asal geologi, material yang bisa digunakan untuk pengikat seperti *fly ash*, *blast furnance slag* dan metakolin atau abu sekam padi, oleh karena itu namanya adalah geopolimer.

Dalam penelitian ini bahan pengikat yang digunakan sebagai pengganti semen adalah *fly ash*. Material ini merupakan limbah sisa pembakaran batubara yang kaya akan kandungan silika dan alumina. *Fly ash* sendiri tidak memiliki kemampuan mengikat seperti semen portland apabila dibiarkan begitu saja. Dibutuhkan larutan aktivator alkali yang merupakan kombinasi dari sodium hidroksida (NaOH) dan sodium silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) sebagai katalisator.



**Gambar 1.** Ikatan Polimerisasi  $\text{SiO}_4$  dan  $\text{AlO}_4$

*Fly ash* atau abu terbang merupakan salah satu bahan pozzolan yang berasal dari pembakaran batubara pada pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) yang terbang melekat pada sisi-sisi cerobong asap. Dikategorikan sebagai bahan pozzolan karena memiliki kandungan Oksida Silika dan Alumina yang kadarnya dominan lebih tinggi dari oksida lainnya. Dengan volume ketersediaan 2260 juta ton per tahun, maka *fly ash* berpotensi sebagai bahan pozzolan yang paling aplikatif untuk digunakan (*Global Mining Investment Confrence*, 2010; Abdullah et al 2013). *Fly ash* secara kimia merupakan material oksida anorganik yang mengandung silika dan alumina aktif karena sudah melalui proses pembakaran pada suhu tinggi. Bersifat aktif yaitu dapat bereaksi dengan komponen lain dalam komposisinya untuk membentuk material baru (mulite) yang tahan terhadap suhu tinggi.

Alkalin aktivator yang digunakan adalah sodium silikat dan sodium hidroksida. Sodium silikat berfungsi

untuk mempercepat reaksi polimerisasi, sedangkan sodium hidroksida berfungsi untuk mereaksikan unsur-unsur Al dan Si yang terkandung dalam *fly ash* sehingga dapat menghasilkan ikatan polimer yang kuat.

Dilakukan *heat curing* ini berfungsi untuk menghindari panas hidrasi yang tidak diinginkan, terutama yang disebabkan oleh suhu dengan menggunakan oven. Cuaca di Indonesia yang tidak menentu dan sering berubah dan sangat berpengaruh pada mortar, suhu yang dingin juga dapat mengakibatkan proses hidrasi sulit dicapai dan kekuatan awal mortar sulit didapatkan. Maka dari itu diperlukan panas tambahan dalam kegiatan perawatan mortar geopolimer ini. Agar mortar tidak mudah rusak maka ketika dioven mortar harus dibungkus dengan menggunakan aluminium foil. Hasil penelitian dari (Susilowati dan Setyono, 2013).

### METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan suatu cara yang dilakukan dalam rangka untuk mengumpulkan informasi atau data serta melakukan investigasi pada data yang telah didapatkan tersebut. Metode penelitian memberikan gambaran rancangan penelitian yang meliputi prosedur dan langkah-langkah yang dibutuhkan untuk memperoleh data tersebut yang selanjutnya diolah dan dianalisis.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah merupakan metode percobaan (eksperimen) dengan mortar geopolimer yang dibuat menggunakan bahan dasar *fly ash* tipe C dan NaOH 8 Molar dan proses perawatan *heat curing* pada suhu  $60^\circ\text{C}$ ,  $80^\circ\text{C}$ , dan  $100^\circ\text{C}$  dengan variasi waktu masing-masing suhu 3jam, 6jam, dan 24jam.

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bahan dan Beton Teknik Sipil Unesa, dengan jam kerja dimulai dari jam 07.00 WIB sampai dengan 17.00 WIB, hari Senin sampai dengan hari Jum'at, yaitu menyesuaikan dengan jam operasional Laboratorium.

### Komposisi Bahan Campuran

Pada Tabel 1. dapat dilihat rasio material penyusun benda uji dengan setiap *mix design* masing-masing 15 benda uji.

**Tabel 1.** *Mix Design* Mortar Geopolimer Dengan Kondisi SS/SH 8 Molar = 1,5 dan W/S = 0,35

<i>Mix Design</i>	PC	Pasir	<i>Fly Ash</i>	Water	Sodium Silikat	NaOH 8 Molar
1	1	2,75	0	0,485	0	0
2	0	2,75	1	0,05	0,333	0,222
3	0	2,75	1	0,05	0,333	0,222
4	0	2,75	1	0,05	0,333	0,222
5	0	2,75	1	0,05	0,333	0,222
6	0	2,75	1	0,05	0,333	0,222
7	0	2,75	1	0,05	0,333	0,222
8	0	2,75	1	0,05	0,333	0,222
9	0	2,75	1	0,05	0,333	0,222
10	0	2,75	1	0,05	0,333	0,222
11	0	2,75	1	0,05	0,333	0,222

Sumber : Hasil Perhitungan

Sebelum melakukan pembuatan benda uji, harus dilakukan pembuatan larutan aktivator NaOH sesuai dengan yang dibutuhkan yaitu 8 Molar sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Mr NaOH} &= \text{Ar Na} + \text{Ar O} + \text{Ar H} \\ 8 \text{ Molar} &= 1 \text{ Liter} \\ \text{Molaritas} &= \frac{\text{mol}}{\text{volume}} \text{ dimana mol} = \frac{\text{gram}}{\text{Mr}} \\ \text{Sehingga:} & \\ \text{Molaritas} &= \frac{\text{gram}}{\text{mr}} \times \frac{1}{\text{volume}} \\ 8 \text{ Molar} &= \frac{\text{gram}}{40} \times \frac{1}{1} \end{aligned}$$

Jadi pembuatan larutan NaOH 8 Molat membutuhkan 320 gram pellet NaOH untuk setiap 1 liter air.

### Pengujian

Pengujian kuat tekan dan porositas mortar geopolimer dilakukan pada usia 7, 14, dan 28 hari.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengaruh *heat curing* terhadap kuat tekan mortar geopolimer 8M

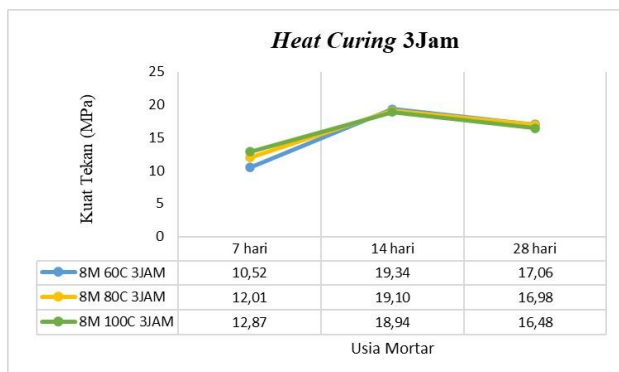
Hasil uji kuat tekan mortar geopolimer 8M dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 2.** Hasil Uji Kuat Tekan

Kuat Tekan (MPa)				
Mix	Kode	7 Hari	14 Hari	28 Hari
1	PC	0,67	8,96	14,30
2	Room Temperature	18,25	19,37	32,49
3	8M 60°C 3h	10,52	19,34	17,06
4	8M 80°C 3h	12,01	19,10	16,98
5	8M 100°C 3h	12,87	18,94	16,48
6	8M 60°C 6h	19,46	22,16	20,16
7	8M 80°C 6h	15,30	23,46	21,16
8	8M 100°C 6h	21,78	25,94	22,28
9	8M 60°C 24h	21,47	22,93	25,76
10	8M 80°C 24h	26,18	26,53	27,50
11	8M 100°C 24h	28,94	28,79	29,15

Sumber : Hasil Penelitian

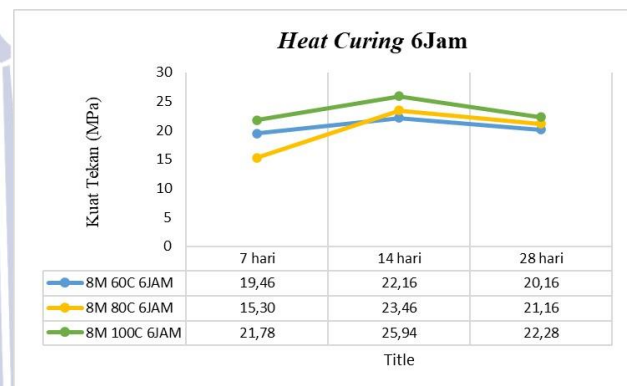
Tabel 2 menjelaskan dimana pada usia ke 7 dan 14 nilai kuat tekan tertinggi pada *heat curing* 100°C selama 24jam. Namun ketika usia 28 hari usia tertinggi pada mortar geopolimer tanpa *heat curing* dengan nilai 32,49 MPa.



**Gambar 2.** Grafik Hubungan Pengaruh *Heat Curing* 3 Jam Terhadap Kuat Tekan

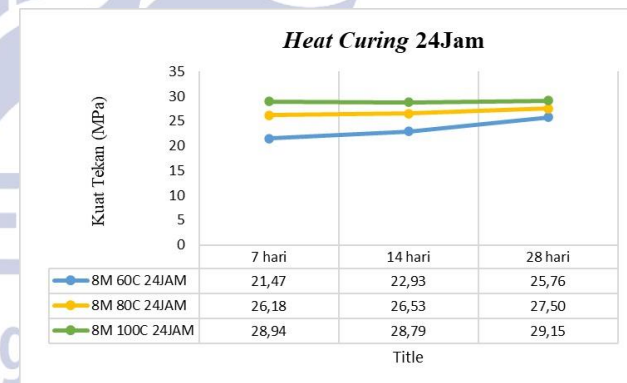
Gambar 2 menunjukkan bahwa proses *heat curing* selama 3 jam terdapat perubahan kuat tekan, dimana pada usia 7 hari nilai kuat tekan masing-masing mix relatif rendah, ketika usia 14 hari nilai kuat tekan mortar terjadi peningkatan, namun pada usia 28 hari nilai kuat tekan mortar geopolimer kembali mengalami penurunan.

Pada proses *heat curing* 6 jam terdapat perubahan nilai kuat tekan masing-masing *mix*, dimana pada usia 7 hari nilai kuat tekan mengalami peningkatan dibandingkan dengan proses *heat curing* 3 jam pada usia 7 hari, pada usia 14 hari nilai kuat tekan mengalami peningkatan, namun pada usia 28 hari nilai kuat tekna kembali mengalami penurunan. Grafik hubungan *heat curing* 6 jam terhadap kuat tekan akan disajikan pada gambar berikut:



**Gambar 3.** Grafik Hubungan Pengaruh *Heat Curing* 6 Jam Terhadap Kuat Tekan

Terjadi peningkatan nilai kuat tekan yang signifikan pada usia 7, 14, dan 28 hari dengan proses *heat curing* selama 24 jam yang akan disajikan pada gambar berikut:



**Gambar 4.** Grafik Hubungan *Heat Curing* 24 Jam Terhadap Kuat Tekan

### Pengaruh *Heat Curing* Terhadap Porositas Mortar Geopolimer 8M

Pada pengujian porositas, masing-masing benda uji memiliki perbedaan nilai porositas. Nilai porositas tertinggi saat usia 7 hari sebesar 11,00% pada *mix design* 1 kontrol PC dan porositas terendah saat usia 7 hari dengan nilai 1,60% terjadi pada *mix design* 11 dengan *heat curing* 100°C selama 24 jam. Pada usia 14 hari porositas tertinggi sebesar 8,24% terjadi pada *mix design* 1 kontrol PC dan porositas terendah pada usia 14 hari dengan nilai 1,65% terjadi pada *mix design* 11 dengan *heat curing* 100°C

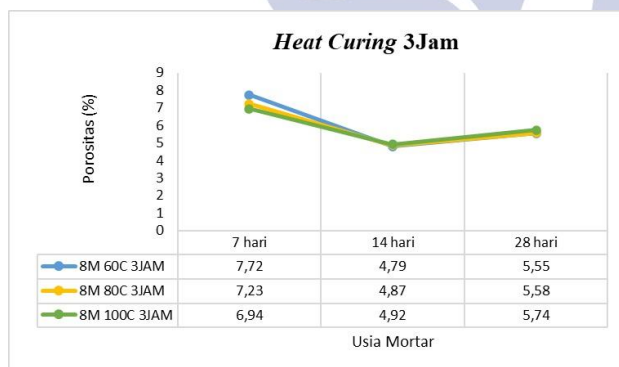
selama 24 jam. Pada usia 28 hari porositas tertinggi sebesar 6,47% terjadi pada *mix design* 1 yang merupakan kontrol PC dan porositas terendah 0,42% terjadi pada geopolimer tanpa *heat curing*.

**Tabel 3.** Hasil Uji Porositas

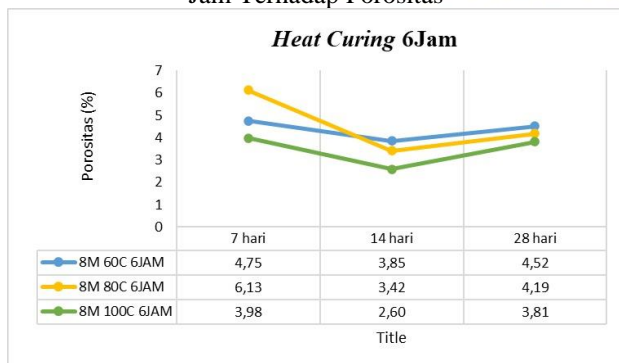
Porositas (%)				
Mix	Kode	7 Hari	14 Hari	28 Hari
1	PC	11,00	8,24	6,47
2	Room Temperature	5,15	4,78	0,42
3	8M 60°C 3h	7,72	4,79	5,55
4	8M 80°C 3h	7,23	4,87	5,58
5	8M 100°C 3h	6,94	4,92	5,74
6	8M 60°C 6h	4,75	3,85	4,52
7	8M 80°C 6h	6,13	3,42	4,19
8	8M 100°C 6h	3,98	2,60	3,81
9	8M 60°C 24h	4,08	3,60	2,66
10	8M 80°C 24h	2,52	2,40	2,08
11	8M 100°C 24h	1,60	1,65	1,53

Sumber : Hasil Penelitian

Pada proses *heat curing* selama 3 jam terdapat perubahan nilai porositas, dimana pada usia 7 hari nilai porositas masing-masing relatif tinggi, ketika usia 14 hari nilai porositas terjadi penurunan, namun pada usia 28 hari nilai porositas kembali mengalami kenaikan. Berikut akan disajikan grafik hubungan *heat curing* 3 jam terhadap porositas



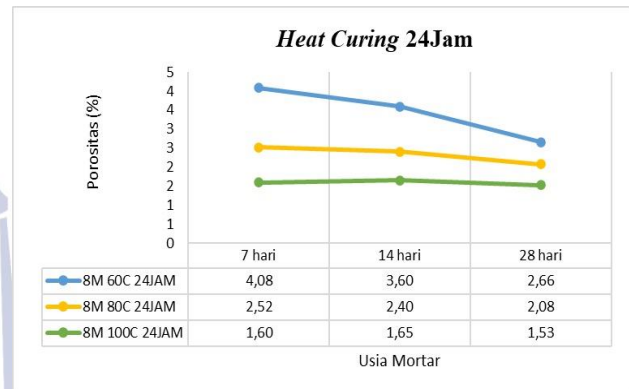
**Gambar 5.** Grafik Hubungan Pengaruh *Heat Curing* 3 Jam Terhadap Porositas



**Gambar 6.** Grafik Hubungan Pengaruh *Heat Curing* 6 Jam Terhadap Porositas

Gambar 6 menjelaskan perubahan nilai porositas masing-masing *mix*, dimana pada usia 7 hari nilai porositas mengalami penurunan dibandingkan dengan proses *heat curing* 3 jam pada usia 7 hari, pada usia 14 hari nilai porositas mengalami penurunan, namun pada usia 28 hari nilai porositas kembali mengalami kenaikan.

Pada proses *heat curing* 24 jam terdapat penurunan nilai porositas yang signifikan pada usia 7, 14, dan 28 hari yang akan disajikan dalam gambar berikut.



**Gambar 7.** Grafik Hubungan Pengaruh *Heat Curing* 24 Jam Terhadap Porositas

### Pengaruh *Heat Curing* Terhadap Kuat Tekan dan Porositas Mortar Geopolimer 8M

Pada penelitian ini difokuskan pada hasil kuat tekan dan porositas saat usia 7, 14, dan 28 hari yang dipengaruhi oleh proses *heat curing* dengan variasi suhu 60°C, 80°C, dan 100°C selama 3, 6, dan 24 jam pada masing-masing variasi. Karena pada penelitian ini fokus pada hasil pengaruh *heat curing* terhadap kuat tekan dan porositas terhadap *heat curing* pada masing-masing variasi saat usia 7, 14, dan 28 hari.

Dalam analisa hubungan kuat tekan dan porositas terhadap *heat curing* dengan variasi suhu dan waktu yang sudah ditentukan pada saat usia 7, 14, dan 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.

Pada Tabel 4 dapat dilihat nilai kuat tekan optimum didapatkan pada *mix design* 2 dengan mortar geopolimer tanpa *heat curing* saat usia 28 hari sebesar 32,49 MPa. Hasil porositas terkecil juga didapatkan pada *mix design* 2 dengan nilai 0,42%. Hasil kuat tekan terendah didapatkan pada *mix design* 1 yang merupakan *mix design* kontrol menggunakan semen saat usia 28 hari dengan nilai 14,30 MPa dan nilai porositas sebesar 6,47%. Sedangkan pada mortar geopolimer yang dilakukan proses *heat curing* dengan variasi suhu dan waktu menunjukkan hasil kuat tekan masing-masing variasi berbanding terbalik terhadap porositas.

Berdasarkan Tabel 4 dapat dilihat bahwa proses *heat curing* dengan variasi suhu dan waktu dapat mempengaruhi kuat tekan dan porositas mortar geopolimer. Dari data yang didapatkan maka bisa dibandingkan hasil kuat tekan dan porositas dengan analisa menurut *heat curing* dengan variasi suhu dan waktu sebagai berikut

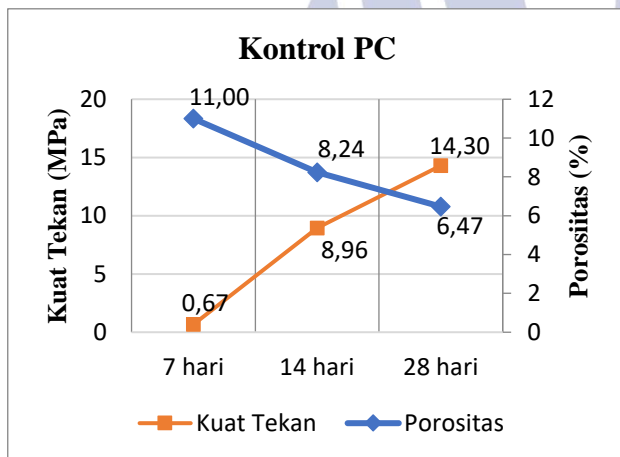
**Tabel 4.** Hasil Uji Kuat Tekan dan Porositas

Mix	Kode	Kuat Tekan (Mpa)			Porositas (%)		
		7 Hari	14 Hari	28 Hari	7 Hari	14 Hari	28 Hari
1	PC	0,67	8,96	14,30	11,00	8,24	6,47
2	Room Temperature	18,25	19,37	32,49	5,15	4,78	0,42
3	8M 60°C 3h	10,52	19,34	17,06	7,72	4,79	5,55
4	8M 80°C 3h	12,01	19,10	16,98	7,23	4,87	5,58
5	8M 100°C 3h	12,87	18,94	16,48	6,94	4,92	5,74
6	8M 60°C 6h	19,46	22,16	20,16	4,75	3,85	4,52
7	8M 80°C 6h	15,30	23,46	21,16	6,13	3,42	4,19
8	8M 100°C 6h	21,78	25,94	22,28	3,98	2,60	3,81
9	8M 60°C 24h	21,47	22,93	25,76	4,08	3,60	2,66
10	8M 80°C 24h	26,18	26,53	27,50	2,52	2,40	2,08
11	8M 100°C 24h	28,94	28,79	29,15	1,60	1,65	1,53

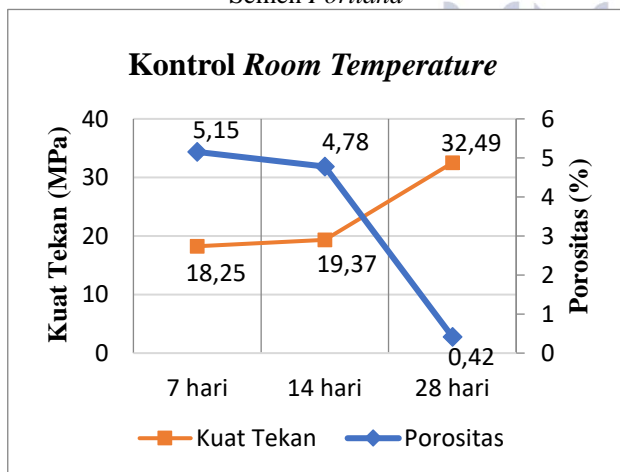
Sumber : Hasil Penelitian

**Suhu Ruangan Normal (Room Temperature)**

Pada perawatan menggunakan suhu ruangan normal digunakan 2 mix design yaitu dengan bahan portland semen dan geopolimer untuk tujuan sebagai kontrol.



**Gambar 8.** Grafik Hubungan Kuat Tekan dan Porositas Semen Portland

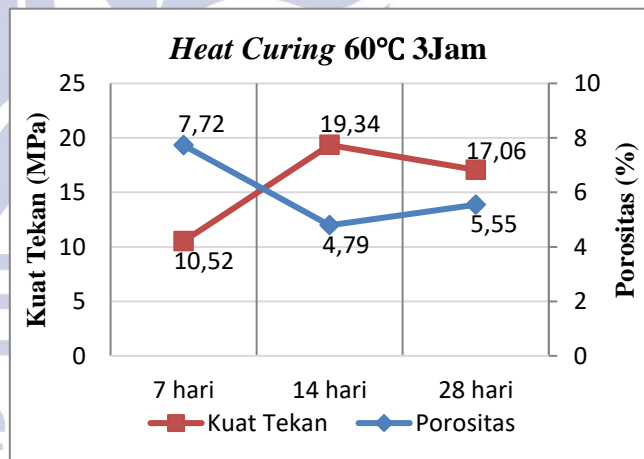


**Gambar 9.** Grafik Hubungan Kuat Tekan dan Porositas Mortar Geopolimer

Berdasarkan Gambar 9 menunjukkan perubahan kuat tekan yang signifikan selama 7, 14, dan 28 hari. Dan berdasarkan Gambar 8 nilai kuat tekan relatif rendah dibandingkan mortar geopolimer dengan kondisi tanpa heat curing dan nilai porositas berbanding terbalik dari nilai kuat tekan.

**Heat Curing 60°C**

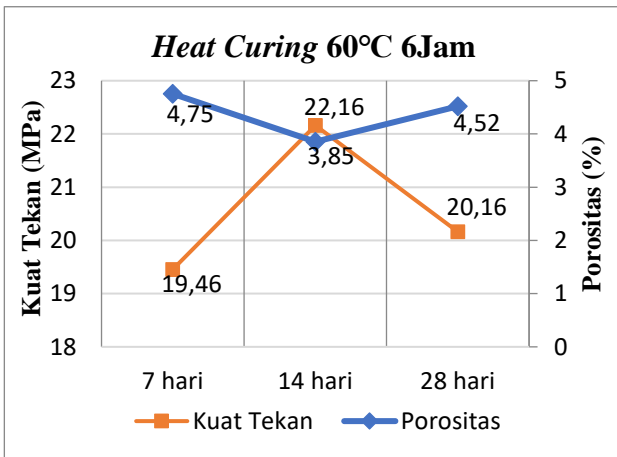
Pada proses heat curing 60°C dilakukan dengan rentan waktu yang berbeda yaitu 3, 6, dan 24 jam sebagai berbanding hasil, berikut akan disajikan hasil grafik hubungan kuat tekan dan porositas



**Gambar 10.** Grafik Pengaruh Heat Curing 60°C 3Jam Terhadap Hubungan Kuat Tekan dan Porositas

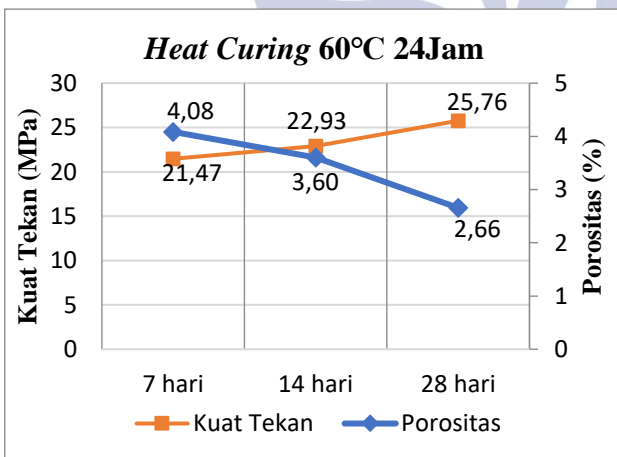
Gambar 10 menjelaskan bahwa heat curing 60°C selama 3 jam pada saat usia 7 hari nilai kuat tekan mendapatkan 10,52 MPa mengalami kenaikan 83,84% dari usia ke 7 hari ke usia 14 hari. Namun mengalami penurunan sebesar 11,78% pada usia 14 hari ke usia 28 hari. Dapat diketahui nilai porositas saat usia 7, 14, dan 28

hari adalah 7,72%, 4,79% dan 5,55% yang berbanding terbalik dari nilai kuat tekan.



**Gambar 11.** Grafik Pengaruh *Heat Curing* 60°C 6Jam Terhadap Hubungan Kuat Tekan dan Porositas

Gambar 11 menjelaskan bahwa *heat curing* 60°C selama 6jam pada saat usia 7 hari nilai kuat tekan mendapatkan 19,46 MPa, mengalami kenaikan 13,87% dari usia 7 hari ke usia 14 hari. Namun kembali mengalami penurunan 9% pada usia 14 hari ke usia 28 hari. Dengan nilai porositas saat usia 7, 14, dan 28 hari adalah 4,75%, 3,85%, 4,52%.

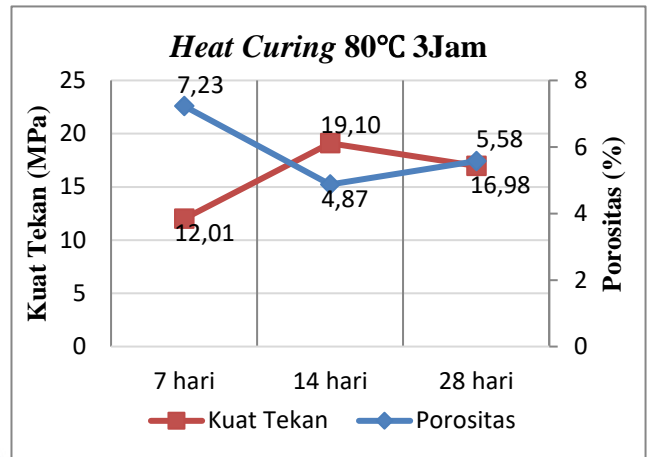


**Gambar 12.** Grafik Pengaruh *Heat Curing* 60°C 24Jam Terhadap Hubungan Kuat Tekan dan Porositas

Gambar 12 menjelaskan kenaikan nilai kuat tekan pada usia 7 hari ke usia 14 hari sebesar 6,8% dan kenaikan pada usia 14 hari ke usia 28 hari sebesar 12% dengan nilai kuat tekan 28 hari 25,76 MPa. dengan nilai porositas saat usia 7, 14, dan 28 hari adalah 4,08%, 3,60%, 2,66%.

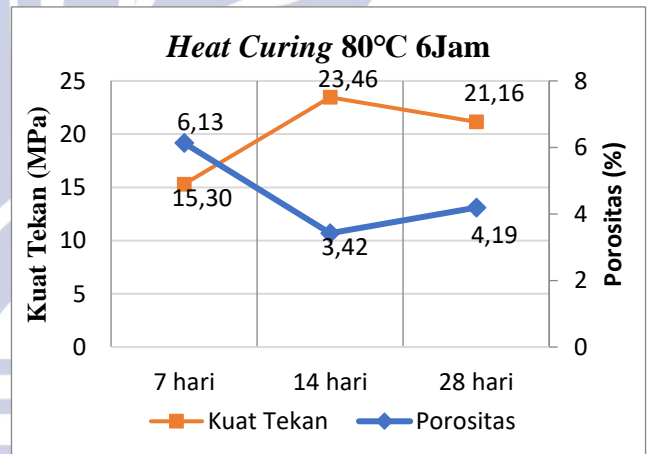
#### **Heat Curing 80°C**

Pada proses *heat curing* 80°C dilakukan dengan rentan waktu yang berbeda yaitu 3, 6, dan 24 jam sebagai perbandingan hasil, berikut akan disajikan hasil grafik hubungan kuat tekan dan porositas



**Gambar 13.** Grafik Pengaruh *Heat Curing* 80°C 3Jam Terhadap Hubungan Kuat Tekan dan Porositas

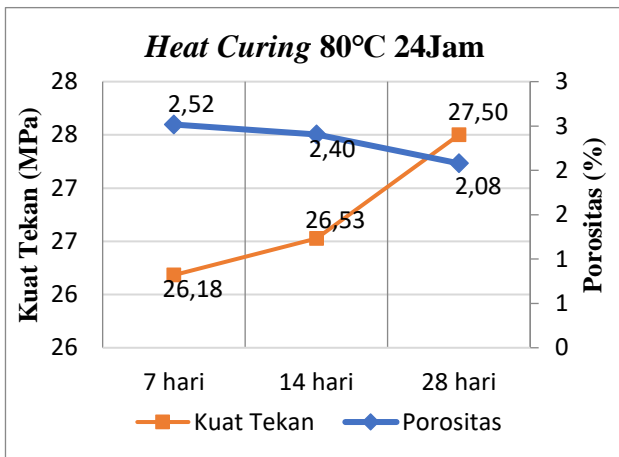
Gambar 13 menjelaskan bahwa *heat curing* 80°C selama 3 jam mengalami kenaikan 59% saat usia 7 hari ke usia 14 hari, dan mengalami penurunan 11% saat usia 14 hari ke usia 28 hari, dimana kuat tekan optimum berhenti pada usia 14 hari sebesar 19,10 MPa. dengan nilai porositas saat usia 7, 14, dan 28 hari adalah 7,23%, 4,87%, 5,58%.



**Gambar 14.** Grafik Pengaruh *Heat Curing* 80°C 6Jam Terhadap Hubungan Kuat Tekan dan Porositas

Dari Gambar 14 dapat diketahui nilai kuat tekan mortar geopolimer yang dirawat dengan suhu 80°C selama 6 jam mengalami kenaikan 53,3% saat usia 7 hari ke usia 14 hari, dan mengalami penurunan 9,8% saat usia 14 hari ke usia 28 hari, dimana kuat tekan optimum berhenti pada saat usia 14 hari sebesar 23,46 MPa. Dengan nilai porositas saat usia 7, 14, dan 28 hari adalah 6,13%, 3,42%, 4,19%.

Untuk grafik pengaruh *heat curing* 80°C selama 24 jam terhadap hubungan kuat tekan dan porositas akan disajikan pada Gambar 15 sebagai berikut

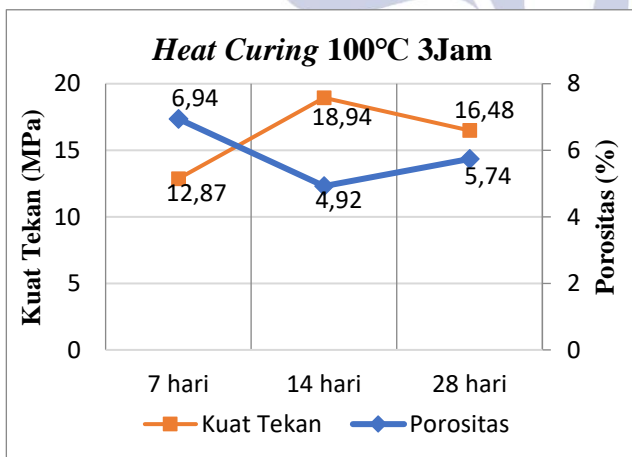


**Gambar 15.** Grafik Pengaruh *Heat Curing* 80°C 24Jam Terhadap Hubungan Kuat Tekan dan Porositas

Pada *heat curing* 80°C selama 24 jam nilai kuat tekan mengalami peningkatan yang signifikan pada saat usia 7 hari ke usia 14 hari yaitu 1,3% dan kembali mengalami kenaikan 3,6% pada saat usia 14 hari ke usia 28 hari sebesar 27,50 MPa. dengan nilai porositas saat usia 7, 14, dan 28 hari adalah 2,52%, 2,40%, dan 2,08%.

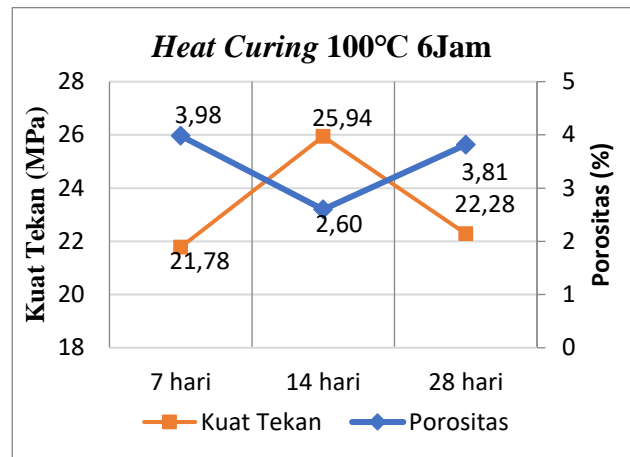
#### **Heat Curing 100°C**

Pada proses *heat curing* 100°C dilakukan dengan rentan waktu yang berbeda yaitu 3, 6, dan 24 jam sebagai berbanding hasil, berikut akan disajikan hasil grafik hubungan pengaruh *heat curing* 100°C selama 3, 6, dan 24jam terhadap kuat tekan dan porositas.



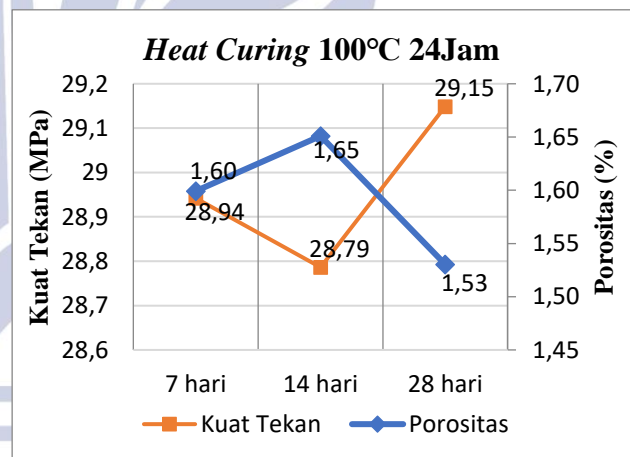
**Gambar 16.** Grafik Pengaruh *Heat Curing* 100°C 3Jam Terhadap Hubungan Kuat Tekan dan Porositas

Dapat dilihat pada gambar diatas nilai kuat tekan mengalami kenaikan 47,1% pada saat usia 7 hari ke usia 14 hari, dan mengalami penurunan 12,9% pada saat usia 14 hari ke usia 28 hari, dimana kuat tekan optimum pada saat usia 14 hari sebesar 18,94 MPa. Dengan nilai porositas saat usia 7, 14, dan 28 hari adalah 6,94%, 4,92%, dan 5,74%.



**Gambar 17.** Grafik Pengaruh *Heat Curing* 100°C 6Jam Terhadap Hubungan Kuat Tekan dan Porositas

Dapat dilihat pada Gambar 17 dimana nilai kuat tekan mengalami kenaikan 19% pada saat usia 7 hari ke usia 14 hari, dan mengalami penurunan 14% pada saat usia 14 hari ke usia 28 hari, dimana kuat tekan optimum pada saat usia 14 hari sebesar 25,94 MPa. Dengan nilai porositas saat usia 7, 14, dan 28 hari adalah 3,98%, 2,6%, dan 3,81%.



**Gambar 18.** Grafik Pengaruh *Heat Curing* 100°C 24Jam Terhadap Hubungan Kuat Tekan dan Porositas

Pada Gambar 18 menunjukkan bahwa penambahan lama pemanasan menjadi 24 jam pada *temperature* 100°C memberikan nilai kuat tekan tertinggi sebesar 29,15 MPa pada saat usia 28 hari. Namun perkembangan kekuatan dari usia 7 hari ke usia 14 hari mengalami sedikit penurunan 0,51%. Dengan nilai porositas saat usia 7, 14, dan 28 hari adalah 1,6%, 1,65%, dan 1,53%

Berdasarkan gambar diatas dapat diketahui bahwa rata-rata nilai kuat tekan benda uji geopolimer yang dirawat dengan suhu 100°C selama 3, 6, 24 jam akan memiliki pola dan nilai yang berbeda.

Dilihat dari penelitian sebelumnya (Wardhono, 2019) yang melakukan pengujian mortar geopolimer

dengan perawatan oven 60°C hasil kuat tekan tertinggi pada waktu oven 24 jam, (Khoiriyah, dkk, 2016) bahwa nilai kuat tekan mortar geopolimer terjadi peningkatan pada usia 14 hari dan penurunan pada usia 28 hari. Dengan hasil yang didapatkan dari penelitian ini masih berada dikisaran penelitian terdahulu yang artinya penelitian ini dapat dilanjutkan dan diharapkan mendapatkan hasil yang lebih baik lagi.

## PENUTUP

### Simpulan

Dari hasil penelitian penggunaan *fly ash* dengan (W/S) sebesar 0,35 dan (SS/SH 8 Molar) sebesar 1,5 dalam pembuatan mortar geopolimer dengan *heat curing* 60°C, 80°C, dan 100°C selama 3 jam, 6 jam, dan 24 jam dapat diambil simpulan antara lain:

1. Pada mortar geopolimer kondisi *room temperature* mendapatkan nilai kuat tekan yang optimum, porositasnya semakin rendah. Akan tetapi berbeda dengan mortar menggunakan semen *portland* dimana nilai kuat tekan relatif rendah dan nilai porositas yang besar.
2. Proses *heat curing* dan lamanya waktu mempengaruhi nilai kuat tekan, dimana semakin lama dan semakin panas *temperature* nilai kuat tekan semakin tinggi, yang didapat pada *heat curing* 100°C selama 24 jam dengan nilai kuat tekan sebesar 29,15 MPa.
3. Pada pemanasan selama 3 dan 6 jam nilai kuat tekan mengalami peningkatan saat usia 14 hari, namun mengalami penurunan pada saat usia 28 hari.

### Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat saran untuk penelitian lanjut maupun untuk produksi mortar geopolimer antara lain:

1. Saat proses pengadukan adonan mortar, harus dipastikan agar mortar telah tercampur dengan homogen dan lebih hati-hati saat membuat campuran aktivator alkali.
2. Saat pembacaan data kuat tekan, sebaiknya dilakukan dengan teliti, juga perlu diperhatikan alat uji UTM (*Universal Testing Machine*) telah dikalibrasi sehingga didapatkan data yang akurat.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik. Penulis pada kesempatan ini ingin menyampaikan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dan menyelesaikan penelitian dari awal pengerjaan hingga akhir, terutama kepada yang terhormat:

1. Bapak Arie Wardhono, S.T., M.MT., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing penelitian atas segala

arahan, pikiran, dan waktu yang beliau berikan selama proses penelitian dan penyelesaian artikel ilmiah.

2. Drs. H. Soeparno, M.T. sebagai Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya.
3. Prof. Dr. Erina Rahmadyanti, ST., MT. selaku Koordinator Program Studi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya
4. Kedua orang tua tercinta serta seluruh keluarga, yang telah banyak memberikan Do'a dan semangat kepada saya dalam menyelesaikan penelitian dan penulisan artikel ilmiah ini.
5. Teman-teman seperjuangan Jurusan Teknik Sipil yang telah memberikan inspirasi, motivasi, dan selalu *support* selama menempuh pendidikan di Universitas Negeri Surabaya serta bantuan dalam menyelesaikan penelitian dan penulisan artikel ilmiah

## DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C270-10. 2010. *Standart Spesification for Motar for Unit Masonry*. ASTM International, 100 Barr Harbour Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.
- ASTM C618-12. 2012. *Standart Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete*. ASTM International, 100 Barr Harbour Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.
- ASTM Standarts. 2002. ASTM 109/C 109M-2. *Standart Test Method for Compressive Strengh of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in or 50-mm Cube Specimens)*. ASTM International., West Conshohocken, PA.
- Davidovits, J. 1991. *Geopolymer: Inorganic Polymeric New Materials*. Geopolymer Insitute. France
- Khoiriyah, dkk, 2016. *Karakteristik Mortar Geopolimer Dengan Perawatan Oven Pada Berbagai Variasi Waktu Curing*. Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta.
- SNI S-04-1989-F. *Tentang Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A*. Badan Standarisasi Nasional
- SNI 03-1974-1990. *Tentang Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-2460-1991. *Tentang Spesifikasi Abu Terbang untuk Beton*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-6820-2002. *Tentang Spesifikasi Agregat Halus untuk Pekerjaan Adukan dan Plesteran dengan Bahan Semen*. Badan Standarisasi Nasional
- SNI 03-6825-2002. *Tentang Metode Pengujian Kuat Tekan ortar Semen Portland untuk Pekerjaan Sipil*. Badan Standarisasi Nasional.



SNI 15-2049-2004. *Tentang Semen Portland*. Badan  
Standarisasi Nasional

Wardhono, A., 2019. *Pengaruh Pemanasan Terhadap  
Kuat Tekan Mortar Geopolimer Berbahan Dasar  
Abu Terbang Kelas C*. Jurusan Teknik Sipil,  
Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

