

# Analisis Kuat Tekan Mortar Geopolimer Berbahan Silica Fume dan Kapur Tohor

Eko Riyanto<sup>a\*</sup>, Eksi Widyananto<sup>a</sup>, Rahul Ray Renaldy<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purworejo, Purworejo 54111, Indonesia

**Keywords:**  
*silica fume*  
*quick lime*  
*geopolymer mortars*  
*compressive strength*

**Kata kunci:**  
*silica fume*  
*kapur tohor*  
*mortar Geopolimer*  
*kuat tekan*

## ABSTRACT

*Cement Portland is an essential ingredient in infrastructure development, but in portland cement production, there is a release of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>). Innovation in materials in the construction of mortars, namely geopolymer mortars, is expected to reduce cement and air pollution. The research using experimental methods, aimed at locating the effect of the use of silica fume and quick lime with variations of silica fume: quick lime 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, using a cube mold of 5 x 5 x 5 cm as much as 120 items, for testing age 7, 14, 28 days. Research has a compressive strength with an optimum geopolymer mortar on a variation of silica fume: quick lime 70:30, which is 3.52 MPa at the age of 28. Based upon compressive strength results, apply the age of mortar 7, 14, 28 days known the longer a strong mortar age agency. Silica fume and quick lime may be used as alternative materials to replace cement. Based on ASTM C 270 to imply mortars type K and type O.*

## ABSTRAK

Semen *portland* merupakan bahan material penting dalam pembangunan khususnya di bidang teknik sipil, namun dalam proses produksi semen *portland* terjadi pelepasan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Perlu adanya inovasi bahan dalam pembuatan mortar yaitu mortar geopolimer yang diharapkan dapat mengurangi penggunaan semen dan polusi udara. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental, bertujuan mengetahui pengaruh penggunaan *silica fume* dan kapur tohor terhadap mortar geopolimer dengan variasi *silica fume*:kapur tohor 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, benda uji berbentuk kubus berukuran 5 x 5 x 5 cm sebanyak 120 benda uji, pengujian umur 7, 14, 28 hari. Hasil penelitian didapat kuat tekan optimum mortar geopolimer pada variasi *silica fume*:kapur tohor 70:30 yaitu 3,52 MPa pada umur 28 hari. Berdasarkan hasil kuat tekan pengaruh umur mortar 7, 14, 28 hari diketahui semakin lama umur mortar kuat tekan semakin meningkat. *Silica fume* dan kapur tohor dapat digunakan sebagai bahan alternatif pengganti semen. Berdasarkan ASTM C 270 termasuk dalam mortar tipe K dan tipe O.



This is an open access article under the [CC-BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) license.

## 1. Pendahuluan

Pembangunan konstruksi di Indonesia berkembang sangat pesat seiring dengan pertumbuhan penduduk, terutama di kota-kota besar, maka kebutuhan akan prasarana infrastruktur semakin meningkat. Sampai saat ini, beton dan mortar adalah material konstruksi paling populer, yang tersusun dari komposisi utama batuan (agregat kasar, agregat halus), semen, dan air. Beton dan mortar menjadi material yang sangat penting dan banyak digunakan untuk pembangunan berbagai infrastruktur seperti gedung,

jembatan, jalan raya, dan prasarana lainnya. Beton dan mortar sangat populer hal ini dikarenakan bahan pembuatannya mudah didapat, harga yang relatif murah, dan teknologi pembuatan beton dan mortar yang relatif sederhana.

Namun, penggunaan semen pada proses pembuatan beton dan mortar menuai kritik. Hal ini menjadi perhatian khusus karena dalam proses produksi semen *portland* terjadi pelepasan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dengan jumlah besar ke atmosfer yang dapat merusak lingkungan hidup

\*Corresponding author.

E-mail: [eko.riyanto@umpwr.ac.id](mailto:eko.riyanto@umpwr.ac.id)

https:

Received 21 November 2020; Revised 01 April 2021; Accepted 05 April 2021

Available online 28 May 2021

dan menyebabkan pemanasan global. Untuk mengatasi efek buruk tersebut maka perlu dicari material lain yang ramah lingkungan yaitu dengan mengganti semen *portland* dengan berbagai material hasil produksi sampingan (limbah) dari berbagai industri.

Berdasarkan penelitian sebelumnya [1]–[8] banyak dilakukan mengenai inovasi bahan dalam pembuatan mortar salah satunya adalah mortar geopolimer yang dapat mengurangi penggunaan semen dan limbah industri agar terbentuknya daerah yang lebih ramah lingkungan. Karena pada dasarnya pembuatan mortar geopolimer dapat menggunakan material bekas limbah industri atau menggunakan material alami, yaitu material yang memiliki kandungan utama silika ( $\text{SiO}_2$ ) dan aluminium ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) seperti kaolin maupun limbah buangan dari industri terbang, *fly ash*, abu sekam padi (*rice husk ash*), *silica fume*, ampas biji besi (*blast furnace slag*) dan lain-lain. Bahan tersebut selanjutnya ditambah air dan bahan kimia lain yang dapat mengikat, yaitu natrium hidroksida ( $\text{NaOH}$ ) dan natrium silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ).

Salah satu material hasil produksi sampingan (limbah) industri yang masih dikaji pemanfaatannya sebagai bahan pembuatan geopolimer adalah *silica fume*. Menurut standar “*Specification for Silica Fume for Use in Hydraulic Cement Concrete and Mortar*” (ASTM.C.1240,1995:637-642) [9], *silica fume* adalah material pozzolan yang halus, dimana komposisi silika lebih banyak dihasilkan dari tanur tinggi atau sisa produksi silikon atau besi silikon (dikenal sebagai gabungan antara *micro silica* dengan *silica fume*). *Silica fume* mengandung bahan/mineral yang terdiri dari mineral Silika (Si) dan Alumina (Al) yang bersifat reaktif sehingga apabila bersenyawa dengan kapur dan air membentuk massa yang padat dan keras. Selain itu material yang dapat dimanfaatkan yaitu kapur, karena di Indonesia memiliki cadangan kapur yang begitu melimpah. Kapur merupakan sebuah benda putih dan halus terbuat dari batu sedimen, membentuk bebatuan yang terdiri dari mineral kalsium. Persediaan kapur di Indonesia cukup banyak memungkinkan digunakan untuk penggantian sebagian kebutuhan semen dalam pembuatan mortar.

Penggunaan *silica fume* dan kapur tohor untuk mortar geopolimer perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui nilai kuat tekan. Oleh karena itu, penelitian ini mencoba mengkaji pengaruh penggunaan *silica fume* dan kapur terhadap kuat tekan mortar geopolimer. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut: (a) menganalisis pengaruh penggunaan *silica fume* dan kapur tohor terhadap kuat tekan mortar geopolimer; (b) menguji apakah *silica fume* dan kapur tohor dapat digunakan

sebagai bahan pembuatan mortar geopolimer; (c) mengetahui pengaruh umur mortar terhadap kuat tekan

mortar geopolimer berbahan *silica fume* dan kapur tohor. Sedangkan beberapa dari penelitian ini diantaranya adalah (a) tidak ada uji kandungan pada *silica fume* dan kapur tohor; (b) tidak meneliti reaksi kimia antar material yang dipakai; (c) pengaruh suhu, udara, dan faktor lain diabaikan; (d) perawatan benda uji dalam suhu ruang dan parameter pengujian hanya mengetahui kuat tekan dari masing-masing variasi mortar geopolimer.

## 2. Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu melakukan percobaan langsung di Laboratorium. Pada penelitian ini dibuat benda uji kubus berukuran 5 x 5 x 5 cm. Perbandingan binder:pasir yang digunakan adalah 1:3 dengan variasi *silica fume*:kapur tohor yaitu 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50. Kebutuhan prekursor 74% dari berat binder dan penambahan alkali aktivator ( $\text{NaOH}$  dan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) 26% dari berat binder.

Perbandingan  $\text{NaOH}:\text{Na}_2\text{SiO}_3$  yang digunakan adalah 1:2.5. *Silica fume* dan kapur tohor tidak dilakukan pengujian fisik dan kandungan kimia karena dianggap sudah memenuhi standar. Pengujian material dan pembuatan sampel dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Purworejo. Pengujian sampel benda uji dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Purworejo.

Selanjutnya penelitian ini memiliki tujuh tahapan diantaranya adalah persiapan, pengujian bahan, rancangan bahan, pembuatan benda uji, perawatan dan pengujian benda uji serta pengolahan data hasil pengujian kuat tekan mortar sebagaimana desain penelitian yang telah ditentukan.

Pada tahap persiapan dilakukan kajian literatur terkait dengan mortar geopolimer, penyiapan peralatan dan bahan. Tahapan ini kemudian dilanjutkan dengan pengujian material pasir yang meliputi: (a) pengujian kandungan lumpur, bertujuan untuk mengetahui kandungan lumpur dalam pasir; (b) pengujian berat jenis agregat halus, bertujuan untuk mengetahui berat jenis serta daya serap pasir terhadap air; (c) pengujian gradasi pasir, bertujuan untuk mengetahui susunan diameter butiran pasir dan presentase modulus kehalusan butir; (d)

pengayakan kapur tohor lolos saringan No. 200; (e) pembuatan larutan alkali aktivator 8 mol.

Pada rancangan bahan dilakukan perencanaan untuk membuat *mix design* dengan variasi faktor air binder sesuai dengan yang sudah direncanakan. Setelah rancangan campuran mortar didapatkan, selanjutnya dilakukan percobaan terhadap rancangan (*trial mix design*) agar diketahui kelayakan benda uji dan nilai faktor air mortar geopolimer dengan menggunakan alat *flow table*. Sedangkan untuk pembuatan benda uji dilakukan pembuatan mortar geopolimer dengan komposisi yang telah direncanakan pada *mix design* pada cetakan berukuran 5 x 5 x 5 cm kemudian benda uji dilepas dari cetakan setelah 24 jam.

Selanjutnya adalah perawatan dan pengujian benda uji yang mana dilakukan perawatan benda uji sampai umur 7, 14, dan 28 hari. Pengujian kuat tekan mortar menggunakan alat UTM (*Universal Tension Machine*), dan dilanjutkan pengolahan data hasil pengujian kuat tekan mortar serta kesimpulan hasil penelitian.

Untuk data penelitian, berdasarkan hasil uji eksperimen diantaranya dilaksanakan pemeriksaan Gradasi Pasir, merupakan distribusi ukuran butiran dari agregat. Apabila butir-butir agregat memiliki ukuran yang sama atau seragam volume porinya akan besar. Sebaliknya, apabila ukuran butir-butirnya bervariasi maka akan terjadi volume pori yang kecil. Perhitungan modulus halus agregat menggunakan Persamaan (1):

$$\text{MHB pasir} = \frac{\text{Berat Kumulatif Tertinggal}}{100} \quad (1)$$

Keterangan:

MHB pasir adalah modulus kehalusan butir agregat, Berat Kumulatif Tertinggal: Jumlah persen kumulatif yang tertahan di atas ayakan.

Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus, merupakan kadar suatu lumpur dalam pasir yang dilakukan dengan cara volume endapan ekuivalen yang dinyatakan dalam persen (%). Agregat halus yang dapat digunakan sebagai bahan bangunan, jika kandungan lumpur di dalam pasir tidak lebih dari 5% [10]. Besarnya kadar lumpur dihitung dengan menggunakan persamaan (2):

$$\text{Kadar lumpur} = (A-B)/A \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

A = Tinggi pasir beserta endapan lumpur

B = Tinggi pasir dikurangi endapan lumpur

Pemeriksaan Berat Jenis Agregat merupakan rasio antara massa padat agregat dan massa air dengan volume sama

dan pada suhu yang sama. Perhitungan berat jenis pasir menggunakan Persamaan (3) dan (4).

Berat jenis pasir kering tungku

$$= D / ((C + B) - A) \text{ (gr/cm}^3\text{)} \quad (3)$$

Berat jenis pasir SSD

$$= B / ((C + B) - A) \text{ (gr/cm}^3\text{)} \quad (4)$$

Keterangan:

A: Berat pasir + tabung ukur + air (gram), B: Berat pasir SSD (gram), C: Berat tabung ukur + air (gram), D: Berat jenis kering tungku (gram).

Pemeriksaan faktor air mortar dilakukan pengujian kelecakan dengan *flow table* sesuai dengan SNI 03-6825-2002 [11], yaitu cara menentukan jumlah air optimum agar menghasilkan mortar yang mudah dikerjakan (*workability*). Nilai kelecakan mortar tergantung dari kadar air yang terkandung dalam mortar. Pemberian air pada mortar yang terdiri dari bahan dan jumlah air yang berbeda pula untuk mencapai sifat kelecakan tersebut yang dihitung dengan Persamaan (5).

$$\text{Nilai flow} = (D1-D0)/D0 \times 100\% \quad (5)$$

Keterangan:

$D1 = (D_a + D_b + D_c + D_d) / 4$  (mm),  $D_a - D_d$  = diameter mortar 4 posisi (mm),  $D_0$  = diameter awal (mm)

Selanjutnya, pembuatan alkali merupakan proses pencampuran NaOH 8 M dan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  guna mendapatkan nilai kebutuhan alkali pada campuran benda uji. Untuk mendapatkan karakteristik tekan benda uji, kuat tekan dilakukan pada benda uji untuk mengetahui kemampuan bahan dalam menahan beban atau gaya yang dikenakan per satuan luas.

Nilai kuat tekan mortar didapat dengan melakukan pengujian menggunakan mesin uji tekan dengan cara memberikan beban bertingkat terhadap benda uji kubus sampai retak/hancur. Dalam SNI-03-6825-2002 kuat tekan mortar didapat:

$$\text{Kuat Tekan } (\sigma) = P_{\text{maks}} / A \quad (6)$$

Keterangan:

Kuat Tekan ( $\sigma$ ) = kekuatan tekan mortar ( $\text{kg/cm}^2$ ),  $P_{\text{maks}}$  = gaya tekan maksimum (kg), A = luas penampang benda uji ( $\text{cm}^2$ )

Dalam hal ini, untuk variabel penelitian seperti disajikan pada Tabel 1 yang meliputi perbandingan antara *silica*

*fume* dan kapur tohor, umur pengujian serta jumlah benda uji.

**Tabel 1.** Jumlah benda uji mortar Geopolimer

Kode sampel	Perbandingan <i>Silica Fume</i> : kapur Tohor	Umur Pengujian			Jumlah Benda Uji
		7 hari	24 hari	28 hari	
MGS90	90 % : 10 %	8	8	8	24
MGS80	80 % : 20 %	8	8	8	24
MGS70	70 % : 30 %	8	8	8	24
MGS60	60 % : 40 %	8	8	8	24
MGS50	50 % : 50 %	8	8	8	24
Total					120

Bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan mortar geopolimer antara lain sebagai berikut: (a) agregat halus (pasir) yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari sungai Progo, Brosot, Kabupaten Kulon Progo sesuai dengan SNI 03-6820-2002 [12]; (b) *silica fume*; (c) kapur tohor; (d) alkali aktivator menggunakan *Sodium Hidroksida* (NaOH) dan *Sodium Silikat* ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ). Rasio NaOH: $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  adalah 1:2.5 pada molaritas NaOH 8 M.

Untuk peralatan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya sebagai berikut: (a) ayakan No. 200 untuk menyaring kapur tohor; (b) ayakan dengan diameter berturut-turut 4.75 mm; 2.36 mm; 1.18 mm; 0.60 mm; 0.30 mm; 0.15mm yang dilengkapi dengan tutup dan alat pengukur untuk pemeriksaan gradasi pasir; (c) timbangan dengan ketelitian 0,1 gram dan timbangan dengan ketelitian 5 gram; (d) oven dengan pengatur suhu ( $110 \pm 5$ ) °C; (e) gelas ukur volume 100 ml dan 1000 ml; (f) cetakan kubus berukuran 5 x 5 x 5 cm; (g) alat uji tekan UTM (*Universal Testing Machine*); (h) *flow table* untuk mengukur kelecakan mortar; (i) *stopwatch*.

Mix desain mortar dihitung berdasarkan kebutuhan untuk satu sampel mortar terdiri dari dua tahapan diantaranya adalah (a) tahap pertama pembuatan larutan alkali. Alkali aktivator merupakan bahan kimia yang dibutuhkan untuk reaksi polimerisasi. Alkali mengaktifkan prekursor (*silica fume* dan kapur tohor) dengan mendisolusikan mereka ke dalam monomer  $\text{Si}(\text{OH})_4$  dan  $\text{Al}(\text{OH})_4$ ; (b) tahapan selanjutnya yaitu perencanaan kebutuhan benda uji menggunakan perbandingan yang disajikan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Berdasarkan kuat tekan dalam ASTM C 270 [9] dan SNI 03-6882-2002 [13] tipe mortar dibagi menjadi 5, yaitu: (a) mortar tipe M yaitu mortar dengan kuat tekan yang tinggi, dipakai untuk dinding bata bertulang, dinding dekat tanah,

pasangan pondasi, dinding penahan dan untuk jalan, kuat tekan minimumnya adalah 17.2 MPa; (b) mortar tipe N yaitu mortar dengan kuat tekan sedang, dipakai apabila tidak disyaratkan menggunakan tipe M, kuat tekannya adalah 12.4-17.2 MPa; (c) mortar tipe S yaitu mortar dengan kuat tekan sedang, kuat tekannya adalah 5.2-12.4 MPa; mortar tipe O yaitu mortar dengan kuat tekan rendah, dipakai untuk konstruksi dinding, dan gangguan cuaca tidak berat, kuat tekannya adalah 2.4-5.2 MPa, dan (d) mortar tipe K yaitu mortar dengan kuat tekan rendah, dipakai untuk pasangan dinding terlindung dan tidak menahan beban, kuat tekannya adalah 0.5-2.4 MPa.

**Tabel 2.** Kebutuhan bahan untuk 1 sampel mortar

Kode	<i>Silica Fume</i> (%)	Kapur Tohor (%)	Prekursor (g)	<i>Silica Fume</i> (g)	Kapur Tohor (g)	Pasir (g)
MGS90	90	10	42.73	38.46	4.27	173.25
MGS80	80	20	42.73	34.18	8.54	173.25
MGS70	70	30	42.73	29.91	12.82	173.25
MGS60	60	40	42.73	25.64	17.09	173.25
MGS50	50	50	42.73	21.36	21.36	173.25
Total			213.67	149.52	64.10	173.25

### 3. Pembahasan

Hasil pengujian bahan-bahan dasar penyusun mortar geopolimer:

#### 3.1 Pemeriksaan Gradasi Pasir

Modulus Halus Butir Pasir

= (Berat Kumulatif Tertinggal)/100 = 236.60/100 = 2.37  
 Hasil pengujian gradasi pasir menunjukkan bahwa modulus halus butir pasir sebesar 2.37. Modulus halus butir pasir tersebut masuk ke dalam jenis pasir halus dengan M.H.B. 2.20 – 2.60. Gradasi agregat halus tersebut masuk pada daerah II yaitu kategori pasir agak kasar.

#### 3.2 Pemeriksaan Kadar Lumpur Pasir

Pasir = 500 cc

Asal = Brosot, Kulon Progo

Volume Endapan Lumpur = 12 cc

Kandungan lumpur dalam pasir =  $(12/1000) \times 100\%$   
 = 1.2 %

Hasil pengujian kandungan lumpur dalam pasir adalah 1,2% menunjukkan bahwa pasir dapat digunakan untuk bahan pembuatan mortar karena memenuhi syarat sebagai agregat halus dengan jumlah kandungan lumpur < 5% sesuai dengan SNI 03-6821-2002 [14] dan [15].

**3.3 Pemeriksaan Berat Jenis Pasir**

Berat tabung + air + pasir (A) = 1934 gr  
 Berat pasir SSD (B) = 500 gr

Berat tabung + air (C) = 1610 gr  
 Berat pasir kering (D) = 495 gr  
 Berat jenis pasir kering tungku

**Tabel 3.** Kebutuhan benda uji per variasi mortar Geopolimer

No	Kode Mortar	Silica Fume: Kapur Tohor	Jumlah Benda Uji	Binder			Pasir (gr)	Air (ml)
				Prekursor				
				Silica Fume (gr)	Kapur Tohor (gr)	Larutan Alkali (gr)		
1.	MGS90	90:10	24	923.07	102.56	306.36	4158	1538.46
2.	MGS80	80:20	24	820.51	205.12	306.36	4158	1538.46
3.	MGS70	70:30	24	717.94	307.69	306.36	4158	1538.46
4.	MGS60	60:40	24	615.38	410.25	306.36	4158	1538.46
5.	MGS50	50:50	24	512.82	512.82	306.36	4158	1538.46
Jumlah			120	3589.74	1538.46	1801.8	20790	1538.46

$$=D/((C+B)-A) = 495/ ((1610+500)-1934) = 2.81 \text{ gr/cm}^3$$

Berat jenis pasir SSD

$$= B/((C+B)-A) = 500/ ((1610+500)-1934) = 2.84 \text{ gr/cm}^3$$

Hasil pengujian berat jenis menunjukkan pasir sungai Brosot kering tungku sebesar 2.81 gr/cm<sup>3</sup> dan berat jenis pasir sungai Brosot SSD (*Saturated Surface Dry*) sebesar 2.84 gr/cm<sup>3</sup> memenuhi syarat berat jenis agregat yaitu 2.40-2,0 gram/cm<sup>3</sup>.

**3.4 Hasil Uji Flow Table**

Diameter rata-rata

$$(22.3 + 21.8 + 21.4) / 3 = 21.83$$

Flow

$$= (D1 - D0) / D0 \times 100 \%$$

$$= (21.83 - 10) / 10 \times 100 \% = 118.3 \%$$

Berdasarkan SNI-03-6825-2002, maka nilai flow memenuhi syarat yaitu 1,05 ≤ flow ≤ 1,30 atau mengalami pelebaran sebesar 105 %-130%. Hasil pengujian kuat tekan mortar geopolimer adalah sebagai berikut:

P maks = 1.7 (kN) x 101.97 = 173.34 kg  
 A = 25.44 cm<sup>2</sup>

Kuat tekan mortar

$$= 173.34 / 25.44 = 6.81 \text{ kg/cm}^2$$

Kuat tekan rata-rata

$$= (6.81+5.41+6.89+6.06+6.21+5.6+6.18+7.89)/8$$

$$= 6.39 \text{ kg/cm}^2$$

Kuat tekan rata-rata (MPa)

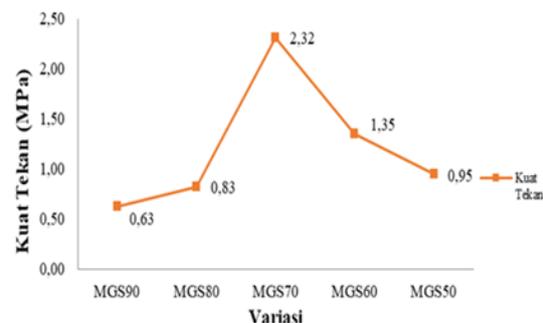
$$= 6.39 \times (9.81/100) = 0.62 \text{ MPa}$$

**Tabel 4.** Hasil uji kuat tekan umur 7 hari

Kode Mortar	Kuat Tekan Rata rata (kg/cm <sup>2</sup> )	Tegangan (MPa)
MGS90	10.76	1.06
MGS80	21.08	2.07
MGS70	35.92	3.52
MGS60	32.82	3.22
MGS50	18.76	1.84

Hasil pengujian kuat tekan mortar geopolimer terdiri dari:

**3.5 Kuat Tekan Mortar Geopolimer Umur 7 Hari**



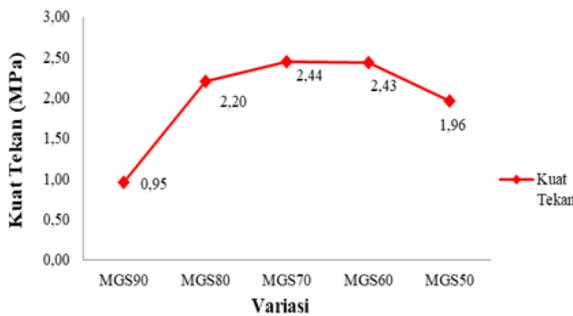
**Gambar 1.** Grafik kuat tekan mortar geopolimer umur 7 hari

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan pada umur 7 hari didapat nilai rata-rata kuat tekan mortar geopolimer masing-masing variasi ditunjukkan pada Tabel 4 dan Gambar 1. sehingga diketahui nilai kuat tekan tertinggi pada mortar geopolimer MGS70 yaitu 23.60 kg/cm<sup>2</sup> atau setara dengan 2.32 MPa, sedangkan nilai kuat tekan terendah pada mortar geopolimer MGS90 yaitu 6.39 kg/cm<sup>2</sup> atau setara dengan 0.63 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan *silica fume* sangat baik untuk bahan campuran mortar dibandingkan dengan [16].

**3.6 Kuat tekan mortar geopolimer umur 14 hari**

**Tabel 5.** Hasil uji kuat tekan umur 14 hari

No	Kode Mortar	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )	MPa
1.	MGS90	9.71	0.95
2.	MGS80	22.47	2.20
3.	MGS70	24.90	2.44
4.	MGS60	24.74	2.43
5.	MGS50	19.97	1.96



**Gambar 2.** Grafik kuat tekan mortar geopolimer umur 14 hari

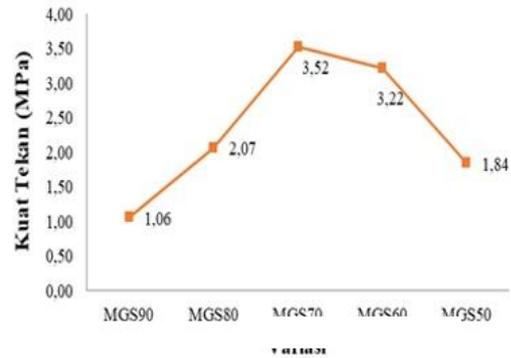
Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan pada umur 14 hari didapat nilai rata-rata kuat tekan mortar geopolimer masing-masing variasi ditunjukkan pada [Tabel 5](#) dan [Gambar 2](#). Sehingga dapat diketahui nilai kuat tekan tertinggi pada mortar geopolimer MGS70 yaitu 24,90 kg/cm<sup>2</sup> atau setara dengan 2.44 MPa, sedangkan nilai kuat tekan terendah pada mortar geopolimer MGS90 yaitu 9,66 kg/cm<sup>2</sup> atau setara dengan 0.95 MPa.

**3.7 Kuat Tekan Mortar Geopolimer Umur 28 Hari**

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan umur uji 28 hari didapat nilai rata-rata kuat tekan mortar geopolimer masing-masing variasi disajikan pada [Tabel 6](#) dan [Gambar 3](#). Sehingga dapat diketahui nilai kuat tekan tertinggi pada mortar geopolimer MGS70 yaitu 35.92 kg/cm<sup>2</sup> atau setara dengan 3.52 MPa, sedangkan nilai kuat tekan terendah pada mortar geopolimer MGS90 yaitu 10.76 kg/cm<sup>2</sup> atau setara dengan 1.06 MPa.

**Tabel 6.** Hasil Uji Kuat Tekan Umur 28 Hari

No.	Kode Mortar	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )	MPa
1.	MGS90	6.39	0.63
2.	MGS80	8.41	0.83
3.	MGS70	23.60	2.32
4.	MGS60	13.76	1.35
5.	MGS50	9.66	0.95



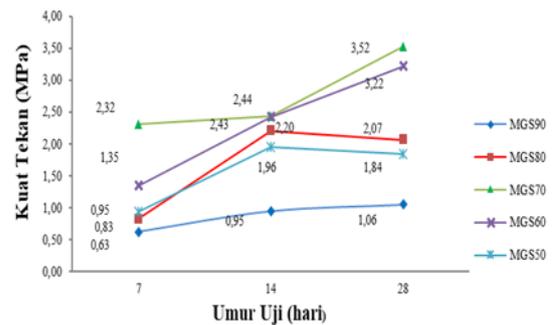
**Gambar 3.** Grafik kuat tekan mortar Geopolimer umur 28 hari

**Tabel 7.** Kuat tekan rata-rata mortar

No	Kode Mortar	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )	MPa
1	MGS90	10.76	1.06
2	MGS80	21.08	2.07
3	MGS70	35.92	3.52
4	MGS60	32.82	3.22
5	MGS50	18.76	1.84

**3.8 Kuat Tekan Mortar Geopolimer Berdasarkan Variasi Silica Fume:Kapur Tohor**

Adapun grafik hubungan antara nilai kuat tekan benda uji dengan berbagai umur mortat disajikan dalam hubungan grafik kuat tekan variasi mortar geopolimer berdasarkan variasi *silica fume* dengan campuran kapur tohor.



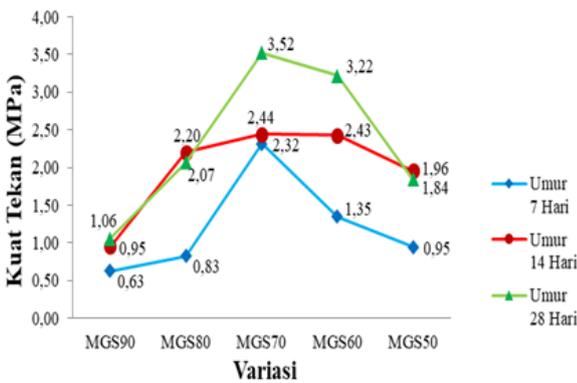
**Gambar 4.** Grafik kuat tekan mortar geopolimer berdasarkan variasi umur

Berdasarkan [Gambar 4](#) dapat disimpulkan bahwa semakin lama umur mortar maka semakin besar nilai kuat tekan. Karena adanya unsur silika yang bereaksi didalam susunan material mortal tersebut yang semakin lama semakin baik. Kuat tekan tertinggi mortar geopolimer pada variasi *silica fume*:kapur tohor 70:30 di umur 28 hari yaitu 3.52 MPa atau setara 35.92 kg/cm<sup>2</sup> dan kuat tekan terkecil mortar geopolimer variasi *silica fume*:kapur tohor 90:10 pada umur 7 hari yaitu 0.63 MPa atau setara 6.39

kg/cm<sup>2</sup>. Oleh karena itu, diperoleh nilai kuat tekan optimum pada variasi *silica fume*:kapur tohor 70 :30 yaitu 3.52 MPa atau setara 35.92 kg/cm<sup>2</sup> sebagai nilai tertinggi di umur 28 hari selaras dengan [17].

**3.9 Kuat tekan mortar geopolimer berdasarkan umur uji**

Berdasarkan gambar di atas, kuat tekan optimum mortar geopolimer terdapat pada variasi *silica fume*:kapur tohor 70:30 pada umur 7 hari yaitu 2.32 MPa, pada umur 14 hari yaitu 2.44 MPa, dan pada umur 28 hari yaitu 3.52 MPa.



**Gambar 5.** Grafik kuat tekan mortar geopolimer berdasarkan umur uji

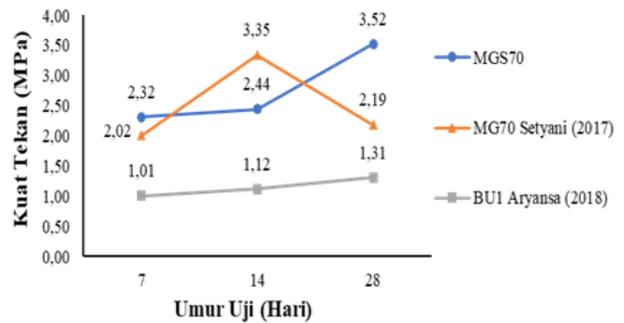
Presentase kenaikan kuat tekan mortar geopolimer variasi *silica fume*:kapur tohor 70:30 umur 7 hari terhadap variasi *silica fume*:kapur tohor 70:30 umur 14 hari sebesar 5.17% dan pada umur 28 hari sebesar 44.26%. Dapat disimpulkan bahwa semakin lama umur mortar geopolimer berbahan *silica fume* dan kapur tohor maka kuat tekan semakin meningkat.

**3.10 Perbandingan kuat tekan optimum**

Berdasarkan Gambar 6 di atas dapat disimpulkan bahwa kuat tekan mortar terjadi kenaikan dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Setyani [18] yaitu mortar geopolimer dengan bahan abu sekam padi dan kapur padam dan terjadi kenaikan kuat tekan dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh [19] yaitu mortar geopolimer dengan bahan zeolit dan kapur tohor.

Hasil kuat tekan terjadi kenaikan dari hasil penelitian sebelumnya, hal tersebut dikarenakan perbedaan penggunaan bahan campuran yaitu *silica fume* dalam hal ini material *silica fume* mengandung unsur silica yang sangat baik dibanding bahan zeolite dan bahan abu sekam padi sehingga bisa menambah kekuatan beton dan kapur tohor serta perbedaan proporsi air sehingga

mempengaruhi kuat tekan mortar geopolimer yang lebih baik daripada bahan yang dipakai dari penelitian sebelumnya.



**Gambar 6.** Grafik perbandingan kuat tekan optimum

**4. Simpulan**

Hasil pengujian kuat tekan mortar geopolimer berbahan *silica fume* dan kapur tohor pada umur 7 uji hari berturut-turut yaitu variasi *silica fume* : kapur tohor 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, dan 50:50 sebesar 0.63 MPa; 0.83 MPa; 2.32 MPa; 1.35 MPa; dan 0.95 MPa. Pada umur uji 14 hari secara urut yaitu variasi *silica fume* : kapur tohor 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, dan 50:50 sebesar 0.95 MPa; 2.20 MPa; 2.44 MPa; 2.43 MPa dan 1.96 MPa. Pada umur uji 28 hari secara urut yaitu variasi *silica fume* : kapur tohor 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, dan 50:50 sebesar 1.06 MPa; 2.07 MPa; 3.52 MPa; 3.22 MPa; dan 1.84 MPa

Pengaruh penggunaan *silica fume* dan kapur tohor terhadap kuat tekan mortar geopolimer adalah apabila semakin sedikit penggunaan *silica fume* dan penggunaan kapur tohor semakin banyak maka kuat tekan mortar geopolimer meningkat, kuat tekan optimum mortar geopolimer pada variasi *silica fume*:kapur tohor 70:30 yaitu 3,52 MPa atau setara 35,92 kg/cm<sup>2</sup> di umur 28 hari. *Silica fume* dan kapur tohor yang dapat digunakan sebagai bahan alternatif pengganti semen yaitu pada variasi mortar geopolimer *silica fume*:kapur tohor 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50 umur 7 hari, variasi mortar geopolimer *silica fume* : kapur tohor 90:10, 80:20, 50:50 umur 14 hari, dan variasi mortar geopolimer *silica fume* : kapur tohor 90:10, 80:20, 50:50 umur 28 hari termasuk ke dalam mortar tipe K berdasarkan ASTM C 270 [9] yaitu mortar dengan kuat tekan 0.5 – 2.4 MPa, dipakai untuk pasangan dinding terlindung dan tidak menahan beban, sedangkan pada variasi mortar geopolimer *silica fume* : kapur tohor 70:30 dan 60:40 umur 14 dan 28 hari termasuk ke dalam mortar tipe O berdasarkan ASTM C 270 [9] yaitu mortar dengan kuat tekan 2,4 – 5,2 MPa, dipakai untuk konstruksi dinding dan gangguan cuaca tidak berat.

Berdasarkan hasil kuat tekan mortar geopolimer berbahan *silica fume* dan kapur tohor pengaruh umur mortar 7, 14, dan 28 hari terhadap kuat tekan mortar geopolimer dapat diketahui semakin lama umur mortar maka kuat tekan semakin meningkat.

#### Daftar Rujukan

- [1] F. M. Fajri and R. J. Sumabrata, "Pemanfaatan abu terbang (Fly-Ash) dan Silica Fume sebagai bahan utama geopolimer alternatif pengganti semen tradisional (OPC)," 2017.
- [2] E. Febrianto, "Pengaruh penambahan Silica Fume pada Porous Concrete Block terhadap nilai kuat tekan dan permeabilitas," *Rekayasa Tek. Sipil*, vol. 3, no. 3, pp. 1–8, 2016.
- [3] U. Maarif, "Analisis Kuat Tekan Mortar Geopolimer Berbahan Abu Sekam Padi dan Limbah Karbit," Universitas Muhammadiyah Purworejo, 2018.
- [4] Manuahe, M. D. J. Sumajouw, and R. S. Windah, "Kuat tekan beton Geopolymer berbahan dasar abu terbang (Fly Ash)," *J. Sipil Statik*, vol. 2, no. 6, 2014.
- [5] R. N. Priatmojo, "Studi Pengaruh Penambahan 10% Silica Fume Terhadap Kekuatan dan Durabilitas Beton Geopolimer di Lingkungan Air Danau," Universitas Indonesia, 2015.
- [6] A. Pujianto, A. NA, M. DC, and Hendra, "Kuat tekan beton Geopolimer dengan bahan utama bubuk lumpur Lapindo dan kapur," 2013.
- [7] A. Rizky T, "Study Pemanfaatan Fly Ash dan Limbah Sandblasting (Silica Fume) pada Binder Geopolimer," Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya, 2017.
- [8] T. Utomo, "Analisa Kuat Tekan Beton Geopolimer Berbahan Abu Sekam Padi dan Kapur Padam," Universitas Muhammadiyah Purworejo, 2017.
- [9] BSN, *Spesifikasi Mortar untuk Pekerjaan Unit Pasangan (ASTM C270 – 10, IDT), SNI 6882:2014*. BSN, 2014.
- [10] K. Tjokrodinuljo, *Teknologi Beton*. Yogyakarta: KMTS, 2007.
- [11] BSN, *Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland untuk Pekerjaan Sipil (SNI 03-6285-2002)*. 2002.
- [12] BSN, *Spesifikasi Agregat Halus untuk Perkerjaan Adukan dan Plesteran dengan Bahan Dasar (SNI 03-6820-2002)*. BSN, 2002.
- [13] BSN, *Spesifikasi Mortar untuk Pekerjaan Pasangan (SNI 03-6882-2002)*. BSN, 2002.
- [14] BSN, *Spesifikasi Agregat Ringan untuk Batu Cetak Beton Pasangan Dinding (SNI 03-6821-2002)*. BSN, 2002.
- [15] A. Santoso, Darmono, F. Ma'arif, and S. H., "Studi perbandingan rancang campur beton normal menurut SNI 03-2834-2000 dan SNI 7656:2012," *INERSIA*, vol. 13, no. 2, pp. 105–115, 2017, doi: 10.21831/inersia.v13i2.17174.
- [16] F. Ma'arif, Z. Gao, and F. Li, "The modelling of compressive strength of concrete on discrete element method," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1845, 2020.
- [17] N. P. Deby, "Pengaruh penambahan variasi molaritas NaOH terhadap kuat tekan dan kuat lekat mortar Geopolymer berbahan dasar abu terbang pada aplikasi spesi bata merah," *J. Rekayasa Tek. Sipil*, vol. 2, no. 2, pp. 244–249, 2017.
- [18] Y. Setyani, "Analisa Kuat Tekan Mortar Geopolimer Berbahan Abu Sekam Padi dan Kapur Padam," Universitas Muhammadiyah Purworejo, 2017.
- [19] A. Aryansa, "Analisis Pengaruh Penggunaan Zeolit dan Kapur Tohor terhadap Kuat Tekan Mortar Geopolimer," Universitas Muhammadiyah Purworejo, 2017.