

## PENGARUH VARIASI MOLAR PADA KUAT TEKAN MORTAR GEOPOLIMER BERBAHAN DASAR FLY ASH PLTU PANGKALAN SUSU

Abdul Jalil Bangun, Johannes Tarigan, dan Ahmad Perwira

Universitas Sumatera Utara, Medan, Indonesia

Email: indahaliel@gmail.com , johannes.tarigan@usu.ac.id, dan a.perwira@usu.ac.id

### INFO ARTIKEL

Diterima  
5 April 2021  
Direvisi  
10 April 2021  
Direvisi  
15 April 2021

### Keywords:

Geopolymer; fly ash;  
mortar

### ABSTRACT

*In general in the world of construction to make a mixture of concrete used materials such as semen, sand, gravel and air. However, at the time of semen production process occurs carbon release gas in identical (CO<sub>2</sub>) to the air of a large average with a large amount of semen that is able to have the environment of global warming and greenhouse effect. Then another alternative material that can be cement in concrete mixture for environmentally friendly concrete. In this study times waste from power plants that fly ash to become a geopolymer a geopolymer that drains semen on concrete mixtures. Fly ash used comes from pltu Pangkalan Susu to root mortar into the mixture with cube test objects mortar size 5cm x 5cm x 5cm with test force by means of plastic cover and temperature with age 3, 7, 14 and 28 days. Variations of alkali activators this time 6M, 8M and 10M with an average NaSiO<sub>3</sub> : NaOH what 1 : 1,5 and Fly Ash : Alkaline solution again 70%:30% on variations of each molasses alkali. The purpose of this study is to know the optimum compressive strength resulting in geopolymer mortar on molar variations and treatments Distance the results of existing analysis, the value of optimum press optimum press geopolymer above the mixture with molaritas activator 10M with wide temperature treatment that is 32.9 Mpa age 28 days that is healing with plastic covering not very strong concrete press value.*

### ABSTRAK

Pada umumnya dalam dunia konstruksi untuk membuat suatu campuran beton digunakan material seperti semen, pasir, kerikil dan air. Akan tetapi, pada saat proses produksi semen terjadi pelepasan gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) ke udara yang besarnya sebanding dengan jumlah semen yang diproduksi yang dapat merusak lingkungan

### How to cite:

Bangun, Abdul Jalil (2021) Pengaruh Variasi Molar Pada Kuat Tekan Mortar Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash Pltu Pangkalan Susu. *Jurnal Syntax Admiration* 2(4).  
<https://doi.org/10.46799/jsa.v2i4.218>

### E-ISSN:

2722-5356

### Published by:

Ridwan Institute

---

**Kata kunci:**

*Geopolymer; fly ash; mortar*

hidup kita diantaranya pemanasan global dan efek rumah kaca. Maka diperlukan bahan alternatif lain yang bisa menggantikan semen dalam campuran beton untuk mendapatkan beton yang ramah lingkungan. Dalam penelitian ini digunakan limbah dari PLTU yang berupa *fly ash* untuk digunakan menjadi sebuah *geopolymer* yang berfungsi sebagai pengganti semen pada campuran beton. *Fly ash* yang digunakan berasal dari PLTU Pangkalan Susu untuk dicampurkan kedalam campuran mortar dengan benda uji berbentuk kubus mortar ukuran 5cm x 5cm x 5cm dengan perawatan benda uji dengan cara di *plastic covering* dan suhu ruangan dengan umur 3, 7, 14 dan 28 hari. Variasi alkali aktivator yang digunakan adalah 6M, 8M dan 10M dengan perbandingan  $\text{NaSiO}_3 : \text{NaOH}$  adalah 1 : 1,5 dan *Fly Ash* : Larutan Alkali adalah 70%:30% pada setiap variasi molaritas alkali. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kuat tekan optimum yang dihasilkan oleh mortar *geopolymer* pada variasi molar dan perawatan tersebut dengan eksperimen langsung di Laboratorium. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, diperoleh nilai kuat tekan optimum mortar *geopolymer* terdapat pada campuran dengan activator molaritas 10M dengan perawatan suhu ruangan yaitu 32,9 Mpa pada umur 28 hari yang berarti curing dengan *plastic covering* tidak terlalu berpengaruh terhadap nilai kuat tekan beton.

---

**Pendahuluan**

Seiring dengan semakin pesatnya pertumbuhan pengetahuan dan teknologi di bidang konstruksi yang mendorong kita lebih memperhatikan standar mutu serta produktivitas kerja untuk dapat berperan serta dalam meningkatkan sebuah pembangunan konstruksi dengan lebih berkualitas, diperlukan suatu inovasi bahan bangunan yang memiliki keunggulan yang lebih baik dibandingkan bahan bangunan yang sudah ada selama ini (Sarker, 2010).

Beton dan mortar merupakan material bangunan paling populer yang tersusun dari komposisi agregat kasar, agregat halus, air, dan semen *portland* menjadi material yang sangat penting dan banyak digunakan untuk membangun berbagai infrastruktur seperti gedung, jembatan, jalan raya, di bawah tanah seperti pondasi (Haach et al., 2013). Dengan adanya pembangunan infrastruktur yang semakin hari semakin meningkat mengakibatkan produksi semen yang meningkat pula. Menurut (Abdullah et al., 2011) produksi semen dunia akan terus meningkat dari 1,5 milyar ton pada tahun 1995 menjadi 2,2 milyar ton pada tahun 2010.

Akan tetapi, pada saat proses produksi semen terjadi pelepasan gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) ke udara yang besarnya sebanding dengan jumlah semen yang diproduksi (Dwika A, 2017), yang dapat merusak lingkungan hidup kita diantaranya pemanasan

global dan efek rumah kaca. Maka diperlukan bahan alternatif lain yang bisa menggantikan semen dalam campuran beton untuk mendapatkan beton yang ramah lingkungan. Diantaranya ialah melalui pengembangan beton dengan menggunakan bahan pengikat anorganik seperti alumina-silikat *polymer* atau dikenal dengan *geopolymer* yang merupakan sintesa dari material geologi yang terdapat pada alam yang kaya akan kandungan silika dan alumina (Budh & Warhade, 2014).

Unsur-unsur ini banyak didapati diantaranya pada material hasil sampingan industri, seperti misalnya *fly ash* dari sisa pembakaran batu bara (Khoiriyah & Maisytoh, 2016). Hasil pembakaran batubara pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) ini banyak digunakan sebagai bahan tambahan untuk memperbaiki kinerja beton (Fitriani, 2010).

Material *fly ash* dalam pembuatan beton dapat saja bereaksi secara kimia dengan cairan *alkaline* pada temperatur tertentu untuk membentuk material campuran yang memiliki sifat seperti semen (Junaid et al., 2015). Material *geopolymer* ini digabungkan dengan agregat batuan kemudian menghasilkan beton *geopolymer*, tanpa menggunakan semen lagi (Sumajouw et al., 2014). Pada dasarnya, *fly ash* tidak memiliki kemampuan mengikat seperti semen, namun jika dicampur dengan cairan *alkaline (activator)* maka *fly ash* akan membentuk reaksi kimia dan menghasilkan material yang mengikat seperti semen. Aktivator yang umumnya digunakan adalah sodium hidroksida (NaOH) 8 M sampai 16 M dan sodium silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) dengan perbandingan 0,4 sampai 2,5 (Dewi et al., 2016). Atas dasar hal tersebut, penelitian ini melakukan pengujian kuat tekan mortar *geopolymer* dengan variasi molaritas dan curing untuk mendapatkan *workability* dan kuat tekan optimum pada beton *geopolimer* dengan *fly ash* dari PLTU Pangkalan Susu (Ekaputri & Triwulan, 2013).

Telah banyak penelitian yang telah dilakukan sebelumnya terkait penggunaan fly ash sebagai pengganti penggunaan semen pada beton dan mortar. Saukani dan Arif (2018) dalam (Atmaja et al., 2011) melakukan penelitian karakteristik termal mortar geopolymer berbasis abu layang dan kaolin alam berbahan dasar abu layang kelas F PLTU Asam-asam dan Lempung Kaolin Tatakan. Berdasarkan hasil tersebut dapat terlihat bahwa semakin banyak jumlah fly ash yang digantikan oleh metakaolin nilai kuat tekan yang dihasilkan semakin meningkat. Kuat tekan material geopolimer dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya rasio  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  yang terkandung dalam bahan alumina silikat, jumlah NaOH yang berfungsi sebagai matrik, dan suhu curing. (Dony & Das, 2019) melakukan penelitian tentang studi mikrostruktur mortar geopolimer abu sawit dengan variasi rasio  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  terhadap NaOH yang menggunakan abu sawit sebagai limbah perusahaan perkebunan kelapa sawit PT. Petaling Mandra Guna Provinsi Jambi sebagai precursor,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ , larutan NaOH dengan konsentrasi 8, 10, 12, 14 dan 16 M, air, *superplasticizer* dan agregat halus. Kesimpulan dari penelitian ini adalah semakin tinggi konsentrasi larutan NaOH, maka *workability* campuran semakin rendah dan semakin cepat waktu settingnya serta hasil kuat tekan mortar geopolimer semakin tinggi dan rasio  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  terhadap NaOH 1,5 menyebabkan percepatan reaksi polimerisasi dibandingkan

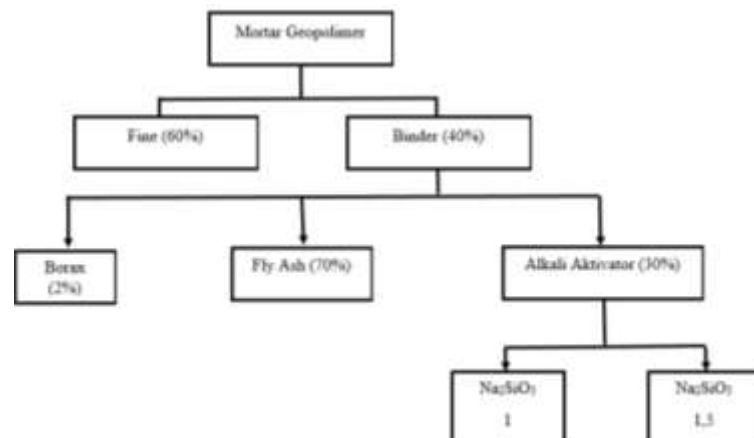
rasio 1,0. Namun kadar  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  yang berlebihan justru menjadi penghambat percepatan proses geopolimerisasi.

Beberapa penelitian terdahulu menggunakan material dasar berupa *fly ash*, baik sebagai fasa pasta, mortar maupun beton menunjukkan performa yang baik dalam menghasilkan beton geopolimer (Simatupang. P.H, 2013, Sujatha T, 2012, Rangan 2010, Sumajouw 2007, Hardjito 2005). Bahkan sebagian besar penelitian mengenai beton geopolimer yang terbaru menggunakan material dasar *fly ash*. Hal ini cenderung dikarenakan isu pemanfaatan limbah buangan industri untuk menciptakan infrastruktur yang ramah lingkungan. Demikian juga dalam penelitian ini akan menggunakan bahan dasar yang sama. Sifat geopolimer dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti alkali aktivator, temperatur, waktu perawatan, dan perbandingan alkali aktivator dengan bahan dasar geopolimer (Astuti, 2013).

Berdasarkan uraian di atas, dilakukan penelitian kuat tekan mortar geopolimer berbahan dasar fly ash PLTU Pangkalan Susu dengan variasi molar dan perawatan untuk mendapatkan kuat tekan optimum mortar geopolimer yang mampu dihasilkan dapat diketahui apakah memungkinkan untuk diaplikasikan sebagai bahan beton ramah lingkungan.

### Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen di Laboratorium Beton Universitas Sumatera Utara. Pada tahap awal penelitian, komposisi *alkaline* yang akan digunakan sebagai *activator geopolimer* adalah dengan perbandingan  $\text{NaSiO}_3 : \text{NaOH}$  (6M) adalah 1:1,5,  $\text{NaSiO}_3 : \text{NaOH}$  (8M) adalah 1:1,5 dan  $\text{NaSiO}_3 : \text{NaOH}$  (10M) adalah 1:1,5. Adapun komposisi campuran mortar *geopolymer* dalam penelitian ini disajikan pada Gambar 1.



**Gambar 1**  
**Komposisi Campuran Mortar *Geopolymer***

Selanjutnya dilakukan pembuatan benda uji mortar *geopolymer* untuk setiap variasi molar dan perawatan. Benda uji yang dibuat adalah benda uji kubus dengan volume 5 cm

x 5 cm x 5 cm. Jumlah benda uji yang dibuat adalah 108 sampel dengan jumlah sampel untuk masing-masing variasi molar adalah 36 sampel.

Sampel yang dibuat kemudian dirawat dengan 3 cara perawatan, yaitu dengan ditutup plastik (*plastic covering*) selama 3 hari dan dibiarkan pada suhu ruang dengan umur pengujian masing-masing adalah 3,7,14 dan 28 hari. Setelah umur sampel tercapai, dilakukan pengujian kuat tekan pada benda uji di laboratorium. Hasilnya dicatat untuk kemudian dianalisis.

**Hasil dan Pembahasan**

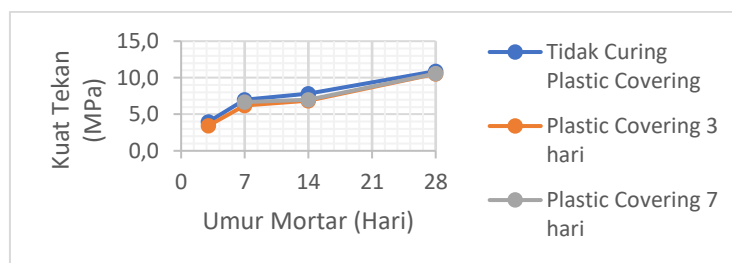
Setelah pengujian kuat tekan dilakukan maka dilakukan proses analisis terhadap hasil yang didapat. Adapun hasil pegujian kuat tekan pada variasi molaritas alkaline dan cara perawatan adalah sebagai berikut.

1. Kuat Tekan Mortar dengan Larutan *Alkaline* 6 Molar

Hasil pengujian kuat tekan mortar *geopolymer* dengan *alkaline* 6 molar disajikan pada Tabel 1 dan Grafik hubungan kuat tekan dan mortar disajikan pada Gambar 2.

**Tabel 1**  
**Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar *Geopolymer* 6 Molar**

No	Molaritas	Waktu Curing <i>Plastic covering</i>	Umur Rencana Tes	Kuat Tekan (Mpa)
1	6 Mol	Tidak <i>Plastic covering</i>	3	4,0
		Tidak <i>Plastic covering</i>	7	7,0
		Tidak <i>Plastic covering</i>	14	7,8
		Tidak <i>Plastic covering</i>	28	10,9
2	6 Mol	3 Hari	3	3,4
		3 Hari	7	6,2
		3 Hari	14	6,9
		3 Hari	28	10,5
3	6 Mol	7 hari	3	-
		7 hari	7	6,7
		7 hari	14	7,0
		7 hari	28	10,6



**Gambar 2**  
**Hubungan Kuat Tekan dan Umur Mortar *Geopolymer* 6 Molar**

Dari Tabel 1 didapat bahwa mortar *geopolymer* mengalami peningkatan kuat tekan rata-rata dari umur 3 hari yaitu 4 MPa untuk yang tidak di *plastic covering*, 3,4

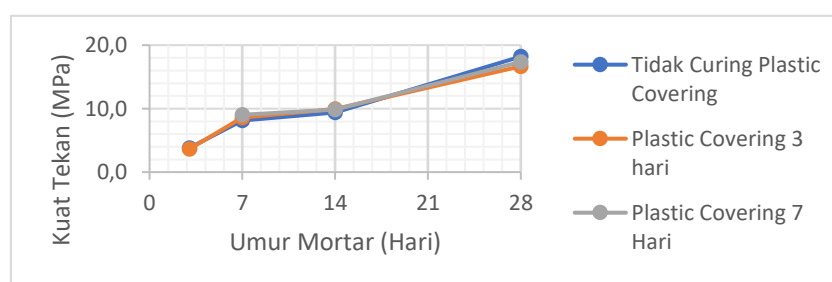
Mpa untuk yang di *plastic covering* 3 hari tidak ada benda uji. Untuk yang di *plastic covering* 7 hari ke umur 7 hari yaitu 7 MPa untuk yang tidak di *plastic covering*. 6,2 Mpa untuk yang di *plastic covering* 3 hari 6,7 Mpa untuk yang di *plastic covering* 7 hari dan pada saat mortar *geopolymer* pada umur 14 hari untuk yang *plastic covering* 3 hari dan *plastic covering* 7 hari adalah 6,9 dan 7 Mpa, sedangkan untuk benda uji yang tidak di *plastic covering* mengalami peningkatan dengan kuat tekan 7,8 Mpa seperti yang terlihat pada Gambar 2.

## 2. Kuat Tekan Mortar dengan Larutan *Alkaline* 6 Molar

Hasil pengujian kuat tekan mortar *geopolymer* 8 molar yang telah dilakukan disajikan pada Tabel 2 dan Grafik hubungan umur mortar dan kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 3.

**Tabel 2**  
**Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar *Geopolymer* 8 Molar**

No	Molaritas	Waktu <i>Plastic covering</i>	Umur Rencana Tes	Kuat Tekan (Mpa)
1	8 Mol	Tidak <i>Plastic covering</i>	3	3,8
		Tidak <i>Plastic covering</i>	7	8,2
		Tidak <i>Plastic covering</i>	14	9,4
		Tidak <i>Plastic covering</i>	28	18,2
2	8 Mol	3 Hari	3	3,6
		3 Hari	7	8,6
		3 Hari	14	9,9
		3 Hari	28	16,7
3	8 Mol	7 hari	3	-
		7 hari	7	9,0
		7 hari	14	9,9
		7 hari	28	17,4



**Gambar 3**  
**Hubungan Kuat Tekan dan Umur Mortar *Geopolymer* 8 Molar**

Dari Tabel 2 didapat bahwa mortar *geopolymer* dengan NaOH 8 M mengalami peningkatan kuat tekan rata-rata dari umur 3 hari yaitu 3,8 MPa untuk yang tidak di *plastic covering*, 3,6 Mpa untuk yang di *plastic covering* 3 hari tidak ada benda uji. Untuk yang di *plastic covering* 7 hari ke umur 7 hari yaitu 8,2 MPa untuk yang tidak di *plastic covering*, 8,6 Mpa untuk yang di *plastic covering* 3 hari 9 Mpa untuk yang di *plastic covering* 7 hari. Pada saat mortar *geopolymer* berumur 14 hari untuk yang *plastic covering* 3 hari dan *plastic covering* 7 hari adalah 9,9 dan 9,9 Mpa, sedangkan

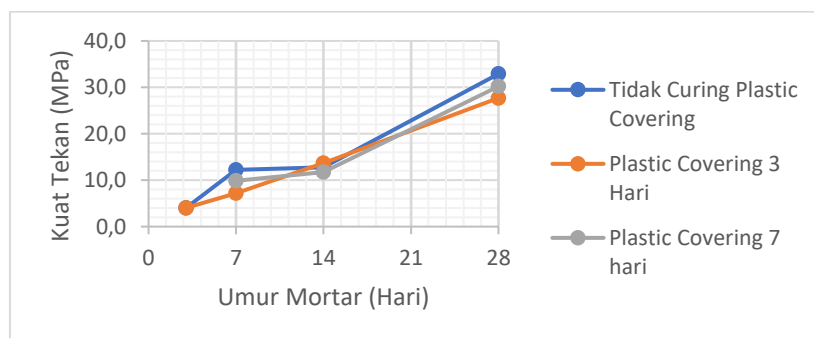
untuk benda uji yang tidak di *plastic covering* mengalami peningkatan dengan kuat tekan 9,4 Mpa seperti yang terlihat pada Gambar 3.

3. Kuat Tekan Mortar dengan Larutan *Alkaline* 10 Molar

Hasil pengujian kuat tekan mortar geopolymer dengan alkaline 6 molar disajikan pada Tabel 3. Grafik hubungan kuat tekan dan mortar disajikan pada Gambar 4.

**Tabel 3**  
**Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar *Geopolymer* 10 Molar**

No	Molaritas	Waktu <i>Plastic covering</i>	Umur Rencana Tes	Kuat Tekan (Mpa)
1	10 Mol	Tidak <i>Plastic covering</i>	3	4,0
		Tidak <i>Plastic covering</i>	7	12,2
		Tidak <i>Plastic covering</i>	14	12,8
		Tidak <i>Plastic covering</i>	28	32,9
2	10 Mol	3 Hari	3	4,0
		3 Hari	7	7,2
		3 Hari	14	13,7
		3 Hari	28	27,7
3	10 Mol	7 hari	3	-
		7 hari	7	9,9
		7 hari	14	11,7
		7 hari	28	30,2



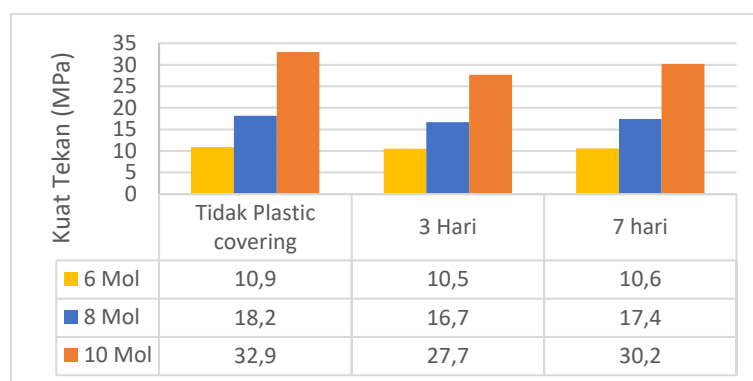
**Gambar 4**  
**Hubungan Kuat Tekan dan Umur Mortar *Geopolymer* 10 Molar**

Pada Tabel 3 didapat bahwa mortar *geopolymer* mengalami peningkatan kuat tekan rata-rata dari umur 3 hari yaitu 4 MPa untuk yang tidak di *plastic covering*, 4 Mpa untuk yang di *plastic covering* 3 hari tidak ada. Untuk yang di *plastic covering* 7 hari ke umur 7 hari yaitu 12,2 MPa untuk yang tidak di *plastic covering*, 7,2 Mpa untuk yang di *plastic covering* 3 hari 9,9 Mpa untuk yang di *plastic covering* 7 hari. Dan pada saat mortar *geopolymer* pada umur 14 hari untuk yang *plastic covering* 3 hari dan *plastic covering* 7 hari adalah 13,7 dan 11,7 Mpa, sedangkan untuk benda uji yang tidak di *plastic covering* mengalami peningkatan dengan kuat tekan 12,8 Mpa seperti yang terlihat pada Gambar 4.

Rekapitulasi hasil pengujian kuat tekan mortar *geopolymer* pada berbagai variasi molar dan cara perawatan disajikan pada Tabel 4 dan grafik hubungan molar dan kuat tekan pada umur 28 hari disajikan pada Gambar 5.

**Tabel 4**  
**Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar *Geopolymer* Masing-Masing Molaritas**

No	Molaritas	Waktu <i>Plastic covering</i>	Umur Rencana Tes	Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)
1	6 Mol	Tidak <i>Plastic covering</i>	28	10,9
		3 Hari	28	10,5
		7 hari	28	10,6
2	8 Mol	Tidak <i>Plastic covering</i>	28	18,2
		3 Hari	28	16,7
		7 hari	28	17,4
3	10 Mol	Tidak <i>Plastic covering</i>	28	32,9
		3 Hari	28	27,7
		7 hari	28	30,2



**Gambar 5**  
**Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar *Geopolymer* Masing-Masing Molaritas Umur 28 Hari**

Pada Tabel 4 terlihat pada benda uji mortar geopolimer NaOH molaritas 6M umur 28 hari memiliki kuat tekan optimum 10,9 Mpa untuk yang dengan perawatan/curing suhu ruangan. Sama halnya dengan benda uji mortar NaOH 8M dan 10M memiliki kuat tekan yang optimum untuk benda uji yang perawatan/curingnya dengan suhu ruangan. Untuk kuat tekan optimum dari berbagai variasi diatas adalah pada benda uji mortar geopolimer NaOH 10M dengan kuat tekan 32,9 Mpa untuk perawatan dengan suhu ruangan.





**Gambar 6**  
**Benda Uji Mortar Geopolimer**

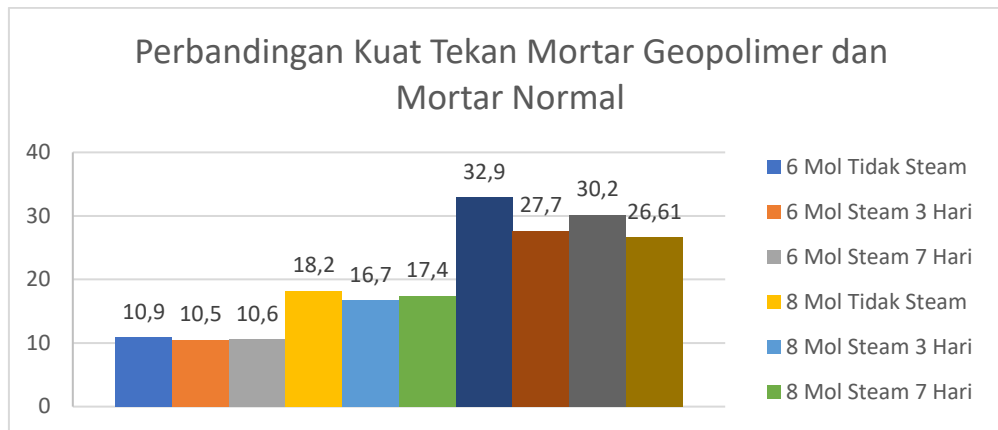


**Gambar 7**  
**Proses Perawatan/Curing Benda Uji Mortar Geopolimer**



**Gambar 8**  
**Pengujian Kuat Tekan Benda Uji Mortar Geopolimer**

(Lado et al., 2018) melakukan penelitian uji kuat tekan mortar berbahan dasar pasir sungai dan semen tipe I dengan mutu rencananya adalah 25 Mpa. Dari hasil penelitian tersebut didapat hasil dari kuat tekan maksimum dari mortar pada umur 28 hari adalah 26,61 Mpa. Berikut adalah grafik yang menunjukkan kuat tekan mortar dengan bahan semen dan mortar *geopolymer*.



**Gambar 9**  
**Grafik Perbandingan Mortar Geopolimer dan Mortar Normal** (Manuahe et al., 2014)

### Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa proses perawatan dengan cara di *plastic covering* tidak terlalu efektif untuk mortar *geopolymer* karena nilai kuat tekan mortar dengan jenis perawatan suhu ruangan memiliki kuat tekan lebih tinggi di berbagai jenis molaritas *activator*.

Nilai kuat tekan optimum mortar *geopolymer* terdapat pada campuran dengan *activator* molaritas 10M dengan perawatan suhu ruangan yaitu 32,9 Mpa pada umur 28 hari. Ini berarti bahwa semakin tinggi konsentrasi molar yang digunakan maka semakin kental larutan yang dihasilkan dan semakin sulit pengerjaannya (*workability*).

## BIBLIOGRAFI

- Abdullah, M. M. A. B., Kamarudin, H., Bnhussain, M., Khairul Nizar, I., Rafiza, A. R., & Zarina, Y. (2011). The Relationship Of Naoh Molarity, Na<sub>2</sub>sio<sub>3</sub>/Naoh Ratio, Fly Ash/Alkaline Activator Ratio, And Curing Temperature To The Strength Of Fly Ash-Based Geopolymer. *Advanced Materials Research*, 328, 1475–1482. [Google Scholar](#)
- Atmaja, L., Fansuri, H., & Maharani, A. (2011). Crystalline Phase Reactivity In The Synthesis Of Fly Ash-Based Geopolymer. *Indonesian Journal Of Chemistry*, 11(1), 90–95. [Google Scholar](#)
- Budh, C. D., & Warhade, N. R. (2014). Effect Of Molarity On Compressive Strength Of Geopolymer Mortar. *International Journal Of Civil Engineering Research*, 5(1), 83–86. [Google Scholar](#)
- Dewi, N. R., Dermawan, D., & Ashari, M. L. (2016). Studi Pemanfaatan Limbah B3 Karbit Dan Fly Ash Sebagai Bahan Campuran Beton Siap Pakai (Bsp)(Studi Kasus: Pt. Varia Usaha Beton). *Jurnal Presipitasi*, 13(1), 34–43. [Google Scholar](#)
- Dony, W., & Das, A. M. (2019). Studi Mikrostruktur Mortar Geopolimer Abu Sawit Dengan Variasi Rasio Na<sub>2</sub>sio<sub>3</sub> Terhadap Naoh. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 19(1), 132–138. [Google Scholar](#)
- Dwika A, B. (2017). Pengaruh Perbandingan Water Solid Ratio (W/S) Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lekat Mortar Geopolymer Berbahan Dasar Abu Terbang Dengan Naoh 12 M Pada Suhu Ruangan. *Rekayasa Teknik Sipil*, 2(2/Rekat/17). [Google Scholar](#)
- Ekaputri, J. J., & Triwulan, T. (2013). Sodium Sebagai Aktivator Fly Ash, Trass Dan Lumpur Sidoarjo Dalam Beton Geopolimer. *Jurnal Teknik Sipil*, 20(1), 1–10. [Google Scholar](#)
- Fitriani, D. R. (2010). *Pengaruh Modulus Alkali Dan Kadar Aktivator Terhadap Kuat Tekan Fly Ash-Based Geopolymer Mortar*. [Google Scholar](#)
- Haach, V. G., Vasconcelos, G., & Lourenço, P. B. (2013). *Development Of A New Test For Determination Of Tensile Strength Of Concrete Blocks*. [Google Scholar](#)
- Junaid, M. T., Kayali, O., Khennane, A., & Black, J. (2015). A Mix Design Procedure For Low Calcium Alkali Activated Fly Ash-Based Concretes. *Construction And Building Materials*, 79, 301–310. [Google Scholar](#)
- Khoiriyah, N. L., & Maisytoh, P. (2016). Karakteristik Mortar Geopolimer Dengan Perawatan Oven Pada Berbagai Variasi Waktu Curing. *Jurnal Poli-Teknologi*, 15(1). [Google Scholar](#)
- Lado, Y., Utomo, S., & Hunggurami, E. (2018). Kuat Tekan Beton Dan Mortar

Pengaruh Variasi Molar pada Kuat Tekan Mortar Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash  
Pltu Pangkalan Susu

Menggunakan Pasir Kali Noeleke. *Jurnal Teknik Sipil*, 7(1), 37–44. [Google Scholar](#)

Manuahe, R., Sumajouw, M. D. J., & Windah, R. S. (2014). Kuat Tekan Beton Geopolymer Berbahan Dasar Abu Terbang (Fly Ash). *Jurnal Sipil Statik*, 2(6). [Google Scholar](#)

Sarker, P. (2010). Bond Strengths Of Geopolymer And Cement Concretes. *Advances In Science And Technology*, 69, 143–151. [Google Scholar](#)

Sumajouw, M. D. J., Dapas, S. O., & Windah, R. S. (2014). Pengujian Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 4(4). [Google Scholar](#)

---

**Copyright holder :**

Abdul Jalil Bangun, Johannes Tarigan dan Ahmad Perwira (2021)

**First publication right :**

Journal Syntax Admiration

**This article is licensed under:**

