

# PENGARUH RATIO PERBANDINGAN SH/SS TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR GEOPOLYMER KERING DENGAN PERBANDINGAN FLY ASH/AKTIVATOR 3,5:1

**Feldy Setya Hermawan**

Progam Studi S1 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
[feldys.fs@gmail.com](mailto:feldys.fs@gmail.com)

**Arie Wardhono**

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

## Abstrak

*Geopolymer* dijadikan sebagai pengganti portland semen sebagai komponen beton, sehingga dapat mengurangi emisi gas di udara. Selama ini, metode yang umum digunakan dalam pembuatan *geopolymer* yaitu metode basah, dan metode ini sebagai dijadikan alternatif dalam pembuatan *geopolymer*. Material dasar *geopolymer* kering adalah *fly ash* dan aktivator (NaOH dan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) yang dicampurkan secara kering. Penelitian ini bertujuan untuk menemukan rasio SH/SS pada kondisi *fly ash*/aktivator 1:3,5 sehingga menghasilkan kuat tekan yang optimum. Adapun rasio SH/SS yang digunakan adalah 1:1; 1:1,5; 1:2; 1:2,5; 1:3; 1:3,5. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan mortar pada rasio SH/SS=1:1 terus meningkat hingga rasio SH/SS=1:3 dan kuat tekan menurun pada rasio SH/SS=1:3,5. Sedangkan untuk waktu ikat paling lambat pada rasio SH/SS=1:1 yaitu 84 jam dan terus meningkat hingga rasio 1:3,5 yaitu 39 jam. Maka diperoleh rasio SH/SS yang optimum pada kondisi *fly ash*/aktivator 1:3,5 adalah SH/SS=1:3 dengan nilai kuat tekan 29,58 MPa.

**Kata kunci :** mortar *geopolymer*, metode pencampuran kering, kuat tekan

## Abstract

*Geopolymer* is used as a substitute for portland cement as a concrete component, so it can reduce gas emissions in the air. So far, the method commonly used in *geopolymer* manufacturing is the wet method, and this method is used as an alternative in the manufacture of *geopolymer*. Dry *geopolymer* base material is *fly ash* and activators (NaOH and  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) which are mixed dry. This study aims to find the ratio of SH/SS in the condition of *fly ash*/activator 1:3,5 so as to produce optimum compressive strength. The ratio of SH/SS used is 1:1; 1:1,5; 1:2; 1:2,5; 1:3; 1:3,5. The results showed that the mortar compressive strength at the SH/SS= 1:1 ratio continued to increase until the SH/SS= 1:3 ratio and compressive strength decreased at the SH/SS= 1:3,5 ratio. As for the tie time, the SH/SS= 1:1 ratio is 84 hours at the latest and continues to increase to a ratio of 1:3,5, which is 39 hours. Then the optimum ratio of SH/SS obtained in the condition of *fly ash*/activator 1:3,5 is SH/SS= 1:3 with a value of compressive strength 29.58 Mpa.

**Keywords:** *geopolymer* mortar, dry mixing method, compressive strength.

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Beton merupakan salah satu jenis material komposit yang tersusun atas pasir (agregat halus), koral (agregat kasar), *Portland semen*, dan air sebagai bahan utama. Dalam dunia konstruksi penggunaan beton sangat digemari bahkan hampir keseluruhan, dikarenakan sifatnya yang mudah dibentuk. Menurut Mehta (2001) dalam M.D.J. Sumajouw dan B.V. Rangan (2006), “konsumsi beton di seluruh dunia di taksir sekitar 8,8 milyar ton pertahun.” Seiring dengan hal tersebut penggunaan semen semakin meningkat, sehingga menimbulkan masalah baru dalam lingkungan.

Kritik-kritik dari pecinta lingkungan terus bermunculan dan melakukan penolakan terhadap industri penyumbang emisi gas dalam lingkungan.

Selain industri semen, industri dengan bahan batu bara sebagai penggeraknya juga ikut andil sebagai penyumbang emisi dalam lingkungan. Hal tersebut dikarenakan limbah yang dihasilkan dari pembakaran batu bara juga menimbulkan berbagai masalah utama, berbagai limbah diantaranya abu terbang (*fly ash*), terak (*boilerslag*), dan abu dasar (*bottom ash*). Pada tahun 2015, industri manufaktur dan sektor transformasi lainnya, menyumbang sekitar setengah dari emisi energi global  $\text{SO}_2$  (37 miliar ton  $\text{SO}_2$ ) dan sekitar 30% didominasi oleh gas  $\text{NO}_x$  (28 miliar ton) dan  $\text{PM}_{2.5}$  (10 miliar ton). Emisi tersebut dihasilkan dalam kegiatan yang hampir sama yaitu dari kegiatan pembakaran, dan angka tersebut akan terus bertambah seiring dengan pemenuhan kebutuhan sarana dan prasarana manusia (*International Energy Agency: World Energy Outlook*, 2016). Untuk itu dari

permasalahan–permasalahan yang ada tersebut perlu dicari solusi yang tepat untuk mengatasinya, yaitu mortar *geopolymer*.

Terminologi *geopolymer* pertama kali digunakan oleh profesor Davidovits pada tahun 1978 untuk menjelaskan tentang mineral polymer yang dihasilkan melalui *geochemistry* (Davidovits, 1998 dalam Marthin D.J. Sumajouw dan Servie O. Dapas, 2013). “*Geopolymer* adalah bentuk anorganik *alumina–silika* yang disintesa melalui material banyak mengandung *Silika* (Si) dan *Alumina* (Al) yang berasal dari alam atau dari material hasil sampingan industri. Komposisi kimia material *geopolymer* serupa dengan zeolit, tetapi memiliki mikrostruktur *amorphous*” (Davidovits, 1999 dalam Marthin D.J. Sumajouw dan Servie O. Dapas, 2013).

Berdasarkan penelitian yang telah ada pembuatan mortar *geopolymer* umumnya menggunakan metode pencampuran basah, maksudnya adalah dengan melarutkan aktivator Sodium Silika ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) dan Sodium Hidroksida (NaOH) yang awalnya dalam bentuk padat. Larutan alkali aktivator tersebut selanjutnya akan digabungkan dengan material pozaolan dengan komposisi dan perbandingan molaritas kimia tertentu. Namun dalam penerapannya secara umum, binder *geopolymer* masih memiliki banyak kelemahan, yaitu: perlu adanya perhitungan bahan kimia dalam desain campurannya dan masyarakat masih belum memahami secara detail mengenai *geopolymer*, sehingga memerlukan adanya pengawasan dari seorang ahli. (Abdullah et al, 2013). Oleh karena itu, pada penelitian mortar *geopolymer* ini akan digunakan metode percampuran kering sehingga nantinya dapat diterima dengan baik dikalangan umum.

## B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dapat diambil berdasarkan pemaparan latar belakang diatas adalah sebagai berikut:

1. Berapa rasio SH/SS agar hasil mortar *geopolymer* kering dengan perbandingan *fly ash*/aktivator 3,5:1 agar mendapatkan hasil optimal?
2. Bagaimana pengaruh rasio SH/SS terhadap kuat tekan pada pembuatan mortar *geopolymer* kering dengan perbandingan *fly ash*/Aktifator 3,5:1?

## KAJIAN PUSTAKA

### A. *Geopolymer*

Pengertian dari *Geopolymer* sendiri yaitu bentuk anorganik alumina-silika yang disintesa melalui material banyak mengandung Silika (Si) dan Alumina (Al) yang berasal dari alam atau dari material hasil

sampingan industri (Davidovits, 1999 dalam Marthin D.J. Sumajouw dan Servie O. Dapas, 2013).

### B. Mortar Geopolimer

Dalam (SNI 03-6825-2002), mortar didefinisikan sebagai campuran agregat halus (pasir), perekat (tanah liat, kapur, *Portland* semen) dan air dengan komposisi tertentu.

Sedangkan mortar *Geopolymer* merupakan bahan bangunan yang fungsinya masih sama dengan mortar normal, yaitu sebagai bahan perekat. Dalam hal ini yang membedakan antara mortar normal dengan mortar *geopolymer* adalah bahan campurannya, yang mana mortar *geopolymer* akan menghilangkan 100% dari penggunaan *portland* semen sebagai pengikatnya.

### C. Material Penyusun Mortar *Geopolymer*

#### 1. Abu Terbang (*Fly Ash*)

*Fly ash* atau abu terbang merupakan limbah dari hasil pembakaran batu bara yang memiliki sifat *pozzolanik* (SNI 03-6414-2002). Berdasarkan ASTM C 618–05 (04.02) *fly ash* diklasifikasikan menjadi 3 kelas yaitu, kelas N, kelas F (Kadar CaO < 10%), dan kelas C (Kadar CaO > 10%).

#### 2. Agregat Halus

Agregat halus merupakan pasir alam sebagai hasil disintegasi alami batuan ataupun pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm (SNI–03–2847–2002).

#### 3. Aktivator

Dalam pembuatan mortar *geopolymer*, abu terbang atau *fly ash* dijadikan sebagai pengganti semen *portland*. Meskipun bersifat *pozzolanik*, *fly ash* memerlukan zat kimia atau aktivator agar dapat menghasilkan ikatan polimer. Menurut D.J. Sumajouw dan Servie O. Dapas (2013), bahwa kombinasi antara sodium silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) dan sodium hidroksida (NaOH) dapat digunakan untuk membantu terjadinya reaksi kimia dengan alumina dan silika yang terdapat pada abu terbang. Sedangkan sodium silikat dan potasium hidroksida merupakan aktivator yang paling sering digunakan dalam *geopolymer*.

#### 4. Air

Air memiliki peran penting dalam proses pencampuran bahan mortar ataupun beton. Menurut Muhtarom dan Amalia (2005), bahwa fungsi air di dalam adukan beton adalah untuk memicu proses kimiawi semen sebagai bahan perekat dan melumasi agregat agar mudah dikerjakan.

## D. Kuat Tekan

Menurut (SNI 03-1974-1990), “Kuat tekan beban beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan.”

Kuat tekan beton dapat dihitung dengan :

$$\sigma = \frac{P}{A} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

Keterangan:

$\sigma$  = Kuat tekan beton (N/mm<sup>2</sup>)

P = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang benda uji (mm<sup>2</sup>)

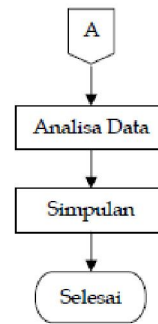
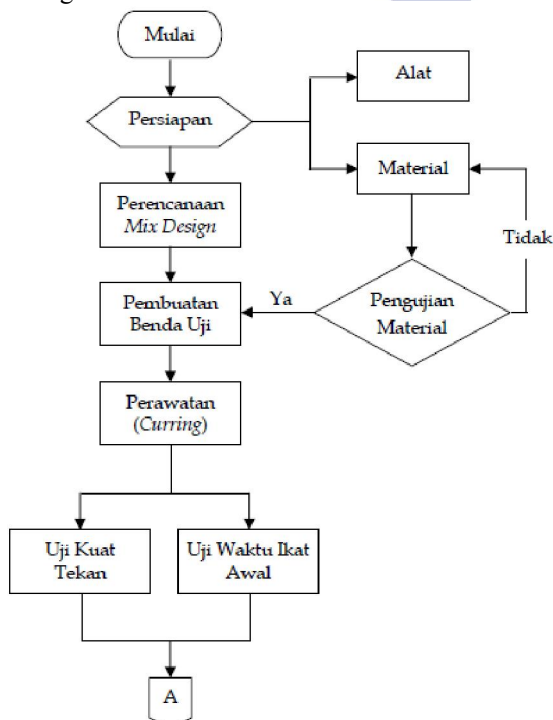
## E. Waktu Ikut

Pengujian waktu ikat dibagi menjadi dua, yaitu waktu ikat awal (*setting time*) dan waktu ikat akhir (*final time*). Waktu ikat awal yaitu waktu yang dibutuhkan sejak semen bercampur dengan air dari kondisi plastis menjadi tidak plastis. Sedangkan waktu ikat akhir yaitu waktu yang dibutuhkan sejak semen bercampur dengan air dari kondisi plastis menjadi keras.

## METODE

### A. Prosedur Penelitian

Pada prosedur diagram alir dibawah ini akan dipaparkan secara garis besar prosedur penelitian dari awal hingga akhir. Adapun diagram alirnya adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Bagan alir Penelitian

## B. Mix Design

Tabel 1 Mix Design

| Mix | Air   | Sam pel | Mix Design |       |         |       |                                  |
|-----|-------|---------|------------|-------|---------|-------|----------------------------------|
|     |       |         | PC         | Pasir | Fly Ash | NaOH  | Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> |
| A   | 0,485 | 9       | 1          | 2,75  | -       | -     | -                                |
| B   | 0,3   | 9       | 0          | 2,75  | 1       | 0,165 | 0,413                            |
| C   | 0,4   | 9       | 0          | 2,75  | 1       | 0,143 | 0,143                            |
| D   | 0,4   | 9       | 0          | 2,75  | 1       | 0,114 | 0,172                            |
| E   | 0,4   | 9       | 0          | 2,75  | 1       | 0,095 | 0,191                            |
| F   | 0,4   | 9       | 0          | 2,75  | 1       | 0,082 | 0,204                            |
| G   | 0,4   | 9       | 0          | 2,75  | 1       | 0,072 | 0,214                            |
| H   | 0,4   | 9       | 0          | 2,75  | 1       | 0,064 | 0,222                            |

Sumber: hasil perhitungan

Berdasarkan Tabel 1, *mix design* A dan B merupakan variable kontrol penelitian. Dalam pembuatannya *mix design* A berdasarkan ASTM C-109. Sedangkan *mix design* B dibuat dengan metode *geopolymer* konvensional yang bersumber dari penelitian sebelumnya. Pada *mix design* C s.d. H, komposisi air diperoleh dari hasil pra laboratorium, sedangkan untuk pasir dan *fly ash* diperoleh dari ASTM C-109. Untuk aktivator (NaOH dan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) diperoleh dari hasil perhitungan, adapun perhitungannya adalah sebagai berikut:

Mix design C (variabel 3)

Kondisi abu terbang (*fly ash*) : aktivator = 3,5:1

Rasio NaOH terhadap Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> = 1:1

*fly ash* = 1

$$\text{aktivator} = \frac{1}{3,5} \text{ atau } 0,286$$

Aktivator = NaOH + Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>

Jika NaOH = x dan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> = y

$$\text{Mix desain 1} \rightarrow \frac{x}{y} = \frac{1}{1}$$

$$x = y$$

$$x + y = 0,286$$

$$x + x = 0,286$$

$$x = 0,143 \rightarrow y = x$$

$$y = 0,143$$



Maka:

$\text{NaOH} = 0,143$  dan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 = 0,143$

Untuk lebih lengkap *mix design* dapat dilihat pada Tabel 1

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Hasil

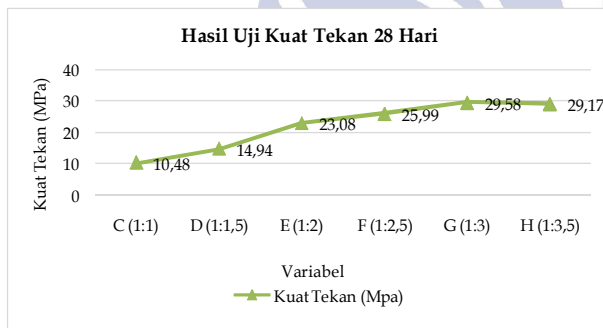
#### 1. Hasil Uji XRF

**Tabel 2.** Hasil Uji XRF *fly Ash*

| Compound | Conc (%) | Compound | Conc (%) |
|----------|----------|----------|----------|
| Al       | 9,800    | Ni       | 0,079    |
| Si       | 25,70    | Cu       | 0,098    |
| K        | 2,260    | Zn       | 0,050    |
| Ca       | 13,50    | Sr       | 0,470    |
| Ti       | 1,620    | Ba       | 0,340    |
| V        | 0,056    | Eu       | 0,600    |
| Cr       | 0,140    | Yb       | 0,060    |
| Mn       | 0,460    | Hg       | 0,350    |
| Fe       | 44,41    |          |          |

(Sumber: Uji XRF Laboratorium Sentral FMIPA Universitas Negeri Malang)

#### 2. Hasil Uji Kuat Tekan



**Gambar 2** Grafik Hasil Uji Kuat Tekan (Sumber: hasil uji laboratorium)

#### 2. Hasil Uji Vicat

**Tabel 3.** Waktu Ikut Semen *Geopolymer*

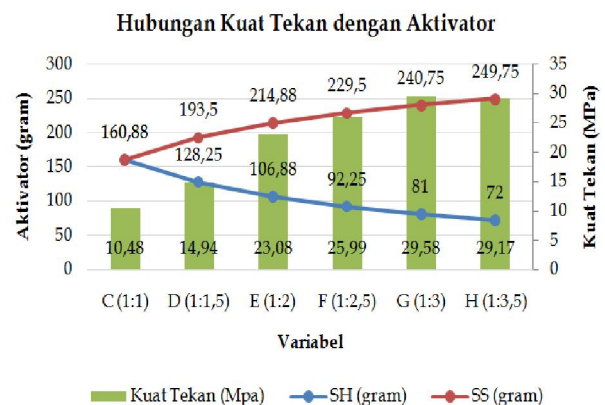
| Mix | Waktu Ikut Awal | Waktu Ikut Akhir |
|-----|-----------------|------------------|
| C   | 48 jam          | 84 jam           |
| D   | 48 jam          | 80 jam           |
| E   | 24 jam          | 60 jam           |
| F   | 24 jam          | 52 jam           |
| G   | 24 jam          | 48 jam           |
| H   | 24 jam          | 39 jam           |

(Sumber: hasil uji laboratorium)

### B. Hubungan Kadar Aktivator dengan Hasil Kuat Tekan

Berdasarkan grafik hubungan kuat tekan dengan aktivator pada Gambar 3, nilai kuat tekan mortar *geopolymer* terus meningkat seiring dengan bertambahnya kadar  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  dalam *mix design*. Pada

kondisi perbandingan *fly ash*/aktivator 3,5:1, hasil kuat tekan tertinggi dicapai pada rasio SH/SS 1:3 yaitu sebesar 29,58 MPa. Selanjutnya untuk rasio SH/SS 1:3,5, kuat tekan mortar *geopolymer* mengalami penurunan menjadi 29,17 Mpa. Menurut Hardjito et al (2004), bahwa Sodium hidroksida (NaOH) berfungsi untuk mereaksikan unsur Si dan Al yang terkandung dalam abu terbang (*fly ash*), sehingga menghasilkan polimer yang kuat. Sedangkan Sodium silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) berfungsi untuk mempercepat reaksi polimerisasi. Sehingga semakin banyak unsur  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  yang terkandung dalam suatu campuran, maka akan mempercepat dan juga memperkuat proses reaksi. Penurunan kuat tekan pada rasio SH/SS 1:3,5 menandakan bahwa, kuat tekan mortar *geopolymer* akan meningkat sampai batas tertentu.



**Gambar 3** Grafik Hubungan kadar Aktivator dengan Kuat Tekan

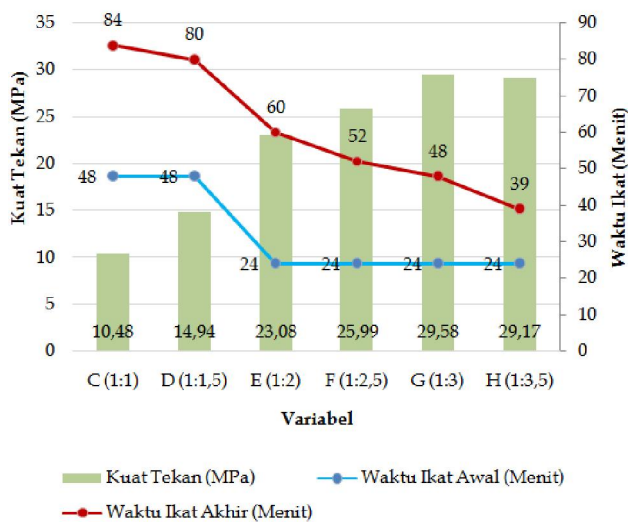
### C. Hubungan *Setting Time* dengan Hasil Kuat Tekan

Dapat dilihat pada Gambar 4, semakin cepat proses pengikatan maka semakin besar kuat tekan yang dihasilkan. Sodium hidroksida (NaOH) berfungsi untuk mereaksikan unsur Si dan Al yang terkandung dalam abu terbang (*fly ash*), sehingga menghasilkan polimer yang kuat. Sedangkan Sodium silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) berfungsi untuk mempercepat reaksi polimerisasi (Hardjito et al, 2004). Sehingga semakin banyak unsur  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  yang terkandung dalam suatu campuran, maka akan mempercepat dan juga memperkuat proses reaksi. Reaksi polimerisasi adalah reaksi pengikatan rantai monomer Si-O dan Al-O dalam yang terkandung dalam *fly ash* dan juga  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  yang kemudian akan mengkristal (Djwantoro, 2005).

Pada kondisi perbandingan *fly ash*/aktivator 3,5:1, waktu ikat tercepat terdapat pada rasio SH/SS 1:3,5 dengan waktu ikat awal 24 jam dan waktu ikat akhir 39 jam. Pada rasio aktivator tersebut, kuat tekan yang diperoleh 29,17. Sedangkan pada rasio SH/SS 1:3 diperoleh kuat tekanyaitu 29,58 Mpa, dengan waktu ikat awal 24 jam dan waktu ikat akhir 40 jam.

Hasil kuat tekan mortar *geopolymer* pada rasio SH/SS 1:3 lebih tinggi dibanding rasio SH/SS 1:3,5, namun dengan waktu ikat yang relatif lebih lambat.

**Hubungan Waktu Ikut Awal dengan Kuat Tekan**



**Gambar 4.** Grafik Hubungan *Setting Time* dengan Hasil Kuat Tekan

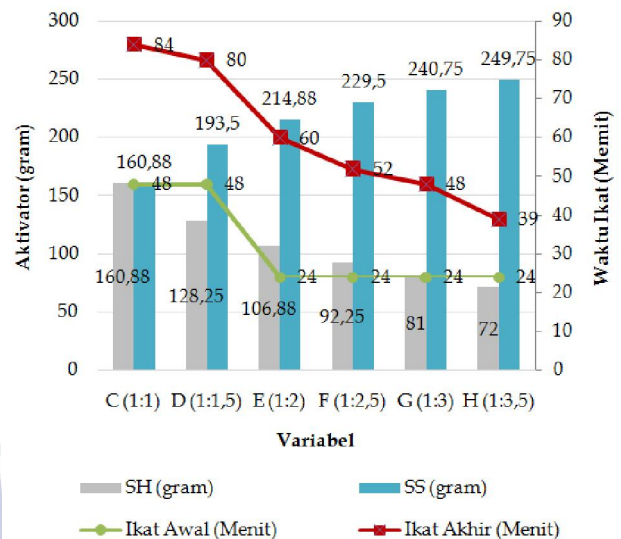
#### D. Hubungan Kadar Aktivator dengan *Setting Time*

Pada kondisi perbandingan *fly ash*/aktivator 3,5:1, kadar NaOH= 72 gram dan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>=275 gram, kadar aktivator tersebut merupakan yang terbesar diantara keenam variasi rasio aktivator. Sedangkan waktu ikat tercepat terdapat pada rasio SH/SS 1:3,5 dengan waktu ikat awal 24 jam dan waktu ikat akhir 39 jam. Hal ini disebabkan karena jumlah Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> yang ada dalam campuran binder lebih banyak jika dibandingkan dengan jumlah NaOH sehingga mempercepat reaksi polimerisasi (Djwantoro, 2005).

Reaksi polimerisasi merupakan proses pengikatan rantai monomer Si-O dan Al-O dalam yang terkandung dalam *fly ash* oleh NaOH. Hal tersebut dikarenakan , sodium hidroksida (NaOH) berfungsi untuk mereaksikan unsur Si dan Al yang terkandung dalam abu terbang (*fly ash*), sehingga menghasilkan polimer yang kuat. Sedangkan Sodium silikat (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) berfungsi untuk mempercepat reaksi polimerisasi atau sebagai katalisator yang berperan mempercepat reaksi kimia.

Dari data hubungan waktu Ikat dengan aktivator dan pernyataan-pernyataan diatas dapat disimpulkan bahwa, semakin banyak kandungan unsur sodium silikat (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) dalam *mix design* akan mempercepat proses pengikatan Si-O dan Al-O dalam yang terkandung dalam *fly ash* oleh senyawa sodium hidroksida (NaOH) sehingga akan mempercepat proses waktu ikat semen *geopolymer*.

**Hubungan Waktu Ikut dengan Aktivator**



**Gambar 5.** Grafik Hubungan Kadar Aktivator dengan *Setting Time*

#### E. Keterkaitan Penelitian Ini dengan Penelitian sebelumnya

Pada penelitian mortar *geopolymer* kering ini, digunakan perbandingan *fly ash* terhadap aktivator 3,5:1. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, nilai kuat tekan maksimum berada pada rasio perbandingan sodium hidroksida SH/SS=1:3 yaitu sebesar 29,58 Mpa. Jadi, nilai kuat tekan akan terus meningkat dari rasio perbandingan SH/SS 1:1 s.d. 1:3 dan akan menurun pada rasio perbandingan SH/SS 1:3,5.

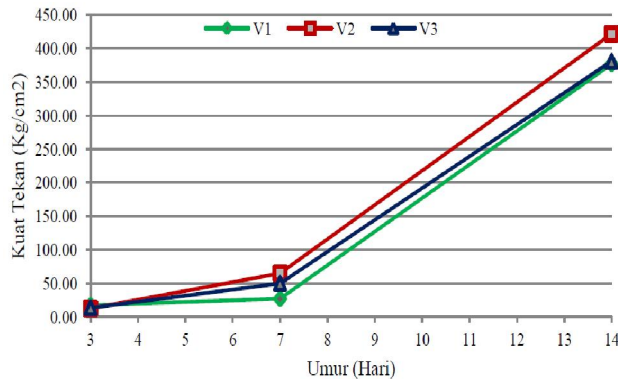
Pada penelitian sebelumnya yang berjudul “*Rekayasa Beton Geopolymer Berbasis Fly Ash*” oleh Ridho Bayuaji, Abdul Karim Yasin, dan Tri Eddy Susanto. Berdasarkan hasil uji pada penelitian ini, nilai kuat tekan variabel V1 s.d. V2 cenderung meningkat dan mengalami penurunan kuat tekan pada variabel V3. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada data sebagai berikut:

**Tabel 4.** *Mix Design* Pasta Semen *Geopolymer*

| Kode Variabel | Parameter semen |                                                           | Parameter pasta |
|---------------|-----------------|-----------------------------------------------------------|-----------------|
|               | FA: Aktivator   | NaOH: Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> .5H <sub>2</sub> O | Air: Semen      |
| V 1           | 85:15           | 1:2,5                                                     | 0,165           |
| V 2           | 82,5:17,5       | 1:2,5                                                     | 0,159           |
| V 3           | 80:20           | 1:2,5                                                     | 0,154           |

**Tabel 5.** Hasil Pengujian Kuat Tekan Pasta *Geopolymer*

| No. | Kode Variabel | Kuat Tekan Rata-rata (Kg/cm <sup>2</sup> ) |        |         |
|-----|---------------|--------------------------------------------|--------|---------|
|     |               | 3 hari                                     | 7 hari | 14 hari |
| 1.  | V 1           | 17,00                                      | 27,00  | 377,00  |
| 2.  | V 2           | 12,40                                      | 65,00  | 422,00  |
| 3.  | V 3           | 13,60                                      | 50,00  | 381,00  |

**Gambar 6.** Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Pasta *Geopolymer*

Jika kaitkan antara hasil penelitian “mortar geopolymer kering dengan perbandingan *fly ash* terhadap aktivator 3,5:1” dengan “*Rekayasa Beton Geopolymer Berbasis Fly Ash*” oleh Ridho Bayuaji, Abdul Karim Yasin, dan Tri Eddy Susanto. Berdasarkan uraian hasil penelitian diatas, keduanya mengalami peningkatan dan penurunan nilai kuat tekan pada variabel tertentu. Jadi dapat disimpulkan, bahwa nilai kuat tekan mortar geopolymer akan meningkat dan menurun pada variabel tertentu. Hal tersebut dipengaruhi oleh besar kecilnya aktivator yang terkandung dalam *mix design*, dikarenakan aktivator sendiri berperan penting dalam proses polimerisasi.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada kondisi *fly ash* terhadap aktivator 3,5:1, hasil kuat tekan maksimum yaitu sebesar 29,58 MPa yang terdapat pada rasio perbandingan sodium hidroksida (NaOH) terhadap sodium silikat (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) 1:3.
2. Besarnya kuat tekan dan proses waktu ikat pada mortar *geopolymer* kering dipengaruhi oleh kandungan sodium hidroksida (NaOH) dan sodium silikat (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) yang digunakan dalam *mix design*. Pada rasio perbandingan sodium silikat (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) 1:3 kuat tekan mencapai titik maksimum dan proses waktu ikat cukup cepat (ikat awal 24 jam dan waktu ikat akhir 48 jam). Sedangkan pada rasio perbandingan sodium silikat (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) 1:3,5 kuat tekan menurun dan waktu ikat semakin cepat (ikat awal 24 jam dan waktu ikat akhir 39 jam)

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2008. *Kamus Bahasa Indonesia*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.
- Abdulla, M. M., Razak, R. A., Yahya, Z., Hussin, K., Ming, L. Y., Young, H. C., et al. (2013). *Asas Geopolimer (Teori & Amali)* (1st ed.). Perlis: Unit Penerbit University Malaysia Perlis.
- ASTM C 618-05. 2005. *Standart Spesification for Fly Ash and Raw or Calcinated Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Portland Cement Concrete*. ASTM International. US.
- ASTM C 109/C 109M-02. 2005. *Standart Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. Or [50-mm] Cube Specimens)*. ASTM International. US.
- Bayuaji, Ridho et al. 2017. *A Review in Geopolymer Binter With Dry Mixing Method (Geopolymer Cement)*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Hardjito, D. 2005. *Studies on Fly Ash-Based Geopolymer Concrete*. Pert: Curtin's Institutional Research Repository.
- Hardjito, D dan Rangan B. V. 2005. *Development and Properties of Low-Calcium Fly Ash-Bhased Geopolymer Concrete*. Pert: Curtin University of Technology.
- Hardjito, D dan Rangan B. V. 2006. *Low-Calcium Fly Ash-Bhased Geopolymer Concrete: Reinforce Beams and Columns*. Pert: Curtin University of Technology.
- DPU. 1978. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI – 1971)*. Cetakan ke 7. Yayasan LPMB. Bandung.
- Fidtriani, Dian Rahma. 2010. *Pengaruh Modulus Alkali dan Kadar Aktivator Terhadap Kuat Tekan Fly Ash-Based Geopolymer Mortar*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Gawwad, H. A. Abdel dan Enein, S. A, Abo El. 2016. *A Novel Method to Produce Dry Geopolymer Cement Powder*. Egypt: Housing and Building National Research Center.
- International Energy Agency. 2016. *Energy and Air Pollution*. France.
- Riyadi, Muhtarom dan Amalia. 2005. *Teknologi Bahan I*. Jakarta: Politeknik Negeri Jakarta.
- SNI 03-1974-1990. 1990. *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional BSN.
- SNI 03-6820-2002. 2002. *Spesifikasi Agregat Halus Untuk Pekerjaan Adukan dan Plesteran dengan Bahan Dasar Semen*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional BSN.
- SNI 03-6820-2002. 2002. *Spesifikasi Agregat Halus Untuk Pekerjaan Adukan dan Plesteran dengan Bahan Dasar Semen*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional BSN.
- SNI 03-6882-2014. 2014. *Spesifikasi Mortar Untuk Pekerjaan Unit Pasangan*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional BSN.
- SNI 03-2834-2002. 2002. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional BSN.



- SNI – 03–2847–2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Beta Version. Bandung.
- SNI 03–6825–2002. *Metode Pengujian Kuat Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional BSN
- SNI 15-1049-2004. *Semen Portland*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional BSN.

Sumajouw, Marthin D.J. dan Dapas, Servie O. 2013. *Elemen Struktur Beton Bertulang Geopolymer*. Yogyakarta: CV. Andi Offset.

Sumajouw, M. D.J. dan Rangan, B.V. 2006. *Low – Calcium Fly Ash – Based Geopolymer Concrete: Reinforced Beams and Columns*. Australia: Curtin University of Technology.

Wang, Chu-Kia dan Salmon, Charles G. 1993. *Desain Beton Bertulang*. Jilid 1. Edisi Keempat. Terjemahan oleh Binsar Hariandja. Jakarta: Erlangga.

Yasin, Abdul Karim, Bayuaji, Ridho, dan Susanto, Tri Eddy. 2017. *Rekayasa Beton Geopolimer Berbasis Fly Ash*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

