

**PENGARUH PEMANFAATAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI  
FLY ASH PADA MORTAR GEOPOLIMER MENGGUNAKAN ALKALI AKTIVATOR  
NAOH 10 MOLAR DITINJAU DARI KUAT TEKAN DAN POROSITAS**

**Devi Wulandari**

Program Studi S1 Teknik Sipil, Jurusan Tekn. Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
[devi.20089@mhs.unesa.ac.id](mailto:devi.20089@mhs.unesa.ac.id)

**Arie Wardhono**

Dosen S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
[ariewardhono@unesa.ac.id](mailto:ariewardhono@unesa.ac.id)

**ABSTRAK**

Pembangunan infrastruktur merupakan salah satu prioritas pemerintah dalam rangka pemerataan pembangunan. Hal tersebut menyebabkan diperlukannya berbagai inovasi terbaru terkait kebutuhan beton selaku aspek utama dalam pembangunan. Inovasi yang dikembangkan salah satunya ialah beton geopolimer yang merupakan beton geosintetik yang tidak memakai semen untuk bahan dasarnya. Dalam pembuatan beton, penggunaan semen yang berlebihan akan mengakibatkan eksploitasi terhadap lingkungan. Terdapat alternatif untuk pengurangan penggunaan semen yakni dengan menggunakan bahan *pozzolan* berupa *fly ash* dan *rice husk ash* untuk bahan pengganti semen pada beton geopolimer. Dalam penelitian ini akan dilakukan telaah terkait bagaimana pengaruh pemanfaatan abu sekam padi sebagai bahan substitusi *fly ash* pada mortar geopolimer dengan NaOH 10 Molar terhadap kuat tekan dan porositas. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen menggunakan sampel benda uji mortar berukuran  $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$ . Rasio SS/SH 10 Molar = 4,0 dan rasio W/S = 1,467 dengan 12 variasi *mix design*. Pembuatan benda uji menggunakan 2 perlakuan yaitu dengan suhu ruang dan suhu *oven*. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa terjadi kenaikan hasil uji kuat tekan mortar geopolimer terhadap suhu ruang maupun suhu *oven* dengan variasi substitusi abu sekam padi pada *fly ash* sebanyak 0%, 5%, 10%, 15%, serta 20% kemudian mengalami penurunan pada presentase substitusi abu sekam padi 25%. Kuat tekan optimum dan porositas terkecil suhu ruang didapatkan *mix design* 5 sebesar 3,53 MPa dengan porositas 11,99% dan suhu *oven* didapatkan *mix design* 11 sebesar 3,93 MPa dengan porositas 10,75% . Hasil uji porositas ini berbanding terbalik dengan hasil pengujian kuat tekan.

**Kata Kunci :** mortar geopolimer, *fly ash*, abu sekam padi, kuat tekan, porositas

**ABSTRACT**

*Infrastructure development is one of the government's priorities in the context of equitable development. This has led to the need for various recent innovations related to the need for concrete as the main aspect of development. One of the innovations developed is geopolymer concrete, which is a geosynthetic concrete that does not use cement for its basic materials. Excessive use of cement in the manufacture of concrete will result in environmental exploitation. There is an alternative to reducing the use of cement, namely by using pozzolan materials in the form of fly ash and rice husk ash as cement substitutes in geopolymer concrete. In this study, a study will be carried out related to the effect of the use of rice husk ash as a fly ash substitution material on geopolymer mortars with NaOH 10 molar on compressive strength and porosity. The research method used is an experimental*

*method using a sample of a mortar test object measuring 5 x 5 x 5 cm<sup>3</sup>. SS/SH ratio of 10 molar = 4,0 and W/S = 1,467 with 12 variations of mix design. Making test objects using 2 treatments, namely room and oven temperatures. The results showed that there was an increase in the results of the geopolymer mortar compressive strength test at room temperature and oven temperature with variations in the substitution of rice husk ash on fly ash by 0%, 5%, 10%, 15%, and 20%, but then there was a decrease in the percentage of rice husk ash substitution of 25%. The optimum compressive strength and the smallest porosity at room temperature were obtained with a mix design of 5 of 3.53 MPa with a porosity of 11.99% and, at oven temperature, a mix design of 11 of 3.93 MPa with a porosity of 10.75%. The results of this porosity test are inversely proportional to the results of compressive strength tests.*

**Keywords:** geopolymer mortar, fly ash, rice husk ash, compressive strength, porosity

## PENDAHULUAN

Sejalan adanya perkembangan IPTEK yang cukup pesat sangat berpengaruh pada bidang konstruksi yaitu dengan bukti pembangunan infrastruktur yang banyak mengalami kemajuan. Pada saat ini pembangunan infrastruktur merupakan salah satu prioritas pemerintah dalam rangka pemerataan pembangunan dan peningkatan ekonomi. Kementerian PUPR akan melaksanakan lima kegiatan pembangunan infrastruktur pada tahun 2021. Salah satu prioritas utama adalah menyelesaikan program strategis nasional dimana program ini telah berjalan sejak tahun 2020. Proyek-proyek tersebut meliputi membangun 48 bendungan, 25.000 ha lahan irigasi, 406 km jalan tol, 9.705 unit rumah susun, 2.012 lt/s SPAM, dan perbaikan atau pembangunan sekolah baru, perguruan tinggi, fasilitas olahraga, dan lain-lain. (Kementerian PUPR, 2021).

Dalam pelaksanaan pembangunan infrastruktur, beton merupakan material utama yang sering digunakan karena memiliki banyak kelebihan dibandingkan dengan material yang lain. Penggunaan material semen *portland* pada pembuatan beton menjadi salah satu pemicu terjadinya pemanasan global (*global warming*). Sejak 2019, kapasitas industri semen di Indonesia mencapai 114 juta ton, 70 juta ton di antaranya ditujukan untuk konsumsi dalam negeri. Industri semen melibatkan polusi udara, konsumsi energi, dan emisi CO<sub>2</sub> di seluruh dunia,

termasuk sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>), dan partikel (PM). Provinsi penghasil semen di Sulawesi mengeksport 63.000 ton semen pada Mei 2021. Selama periode yang sama, polusi udara terkait konsumsi energi, dan emisi CO<sub>2</sub> meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa semen merupakan bahan utama yang banyak digunakan dalam pembuatan beton. Oleh karena itu banyak dilakukan penelitian yang mengembangkan beton ramah lingkungan (*environmentally friendly*) yang dapat mendukung perkembangan yang berkelanjutan (*sustainable development*) (Wang et al., 2021).

Beton geopolimer yakni beton geosintetik yang tidak memakai semen selaku penggunaan material utamanya, namun dengan memakai bahan *pozzolan* seperti *fly ash* dan abu sekam padi (ASP) dimana bahan ini terdapat unsur alumina (Al) dan silika (Si). Unsur ini memiliki peran yang penting didalam memberi pengaruh pada karakteristik beton geopolimer (Satria et al., 2015).

*Fly ash* ialah produk limbah dari adanya pembakaran batu bara yang meliputi berbagai partikel kecil dan halus. *Fly ash* ialah bahan anorganik yang terbuat dari adanya perubahan mineral yang terbentuk dikarenakan melewati proses pembakaran batu bara. Karena *fly ash* mengandung banyak silika (SiO<sub>2</sub>), maka dapat digunakan selaku pilihan alternatif semen (Prasetyo, 2020).

Abu sekam padi yakni limbah dari pengolahan padi yang didalamnya terkandung

senyawa pozzolan, yakni kandungan ( $\text{SiO}_2$ ), suatu senyawa yang dapat menambah kuat beton kemudian senyawa silika ialah senyawa kimia yang kandungannya mendominasi dalam abu sekam padi (Ilmiah, 2017).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Cahya Boy Candra (2011) dengan menggunakan NaOH 10 molar dan variasi komposisi abu sekam padi yaitu sebesar 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, dan 12,5%. Dari penelitian tersebut didapatkan hasil kuat tekan pada 28 hari sebesar 46,09 MPa. Oleh karena itu akan dikaji kembali dengan proporsi campuran abu sekam padi dan *fly ash* yang lebih bervariasi, menggunakan *fly ash* tipe F, dan menggunakan 2 metode yaitu suhu ruang dan suhu oven.

Dari penjelasan latar belakang yang dijabarkan di atas, didalam riset ini akan dikaji bagaimana perbandingan komposisi yang optimum dan pengaruh pemanfaatan abu sekam padi sebagai bahan substitusi *fly ash* pada mortar geopolimer dengan variasi komposisi (0%, 5%, 10%, 15%, 20%, serta 25%) menggunakan alkali aktivator sodium hidroksida (NaOH) 10M dan sodium silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ). Pada riset ini akan ditinjau kuat tekan dan porositas mortar geopolimer.

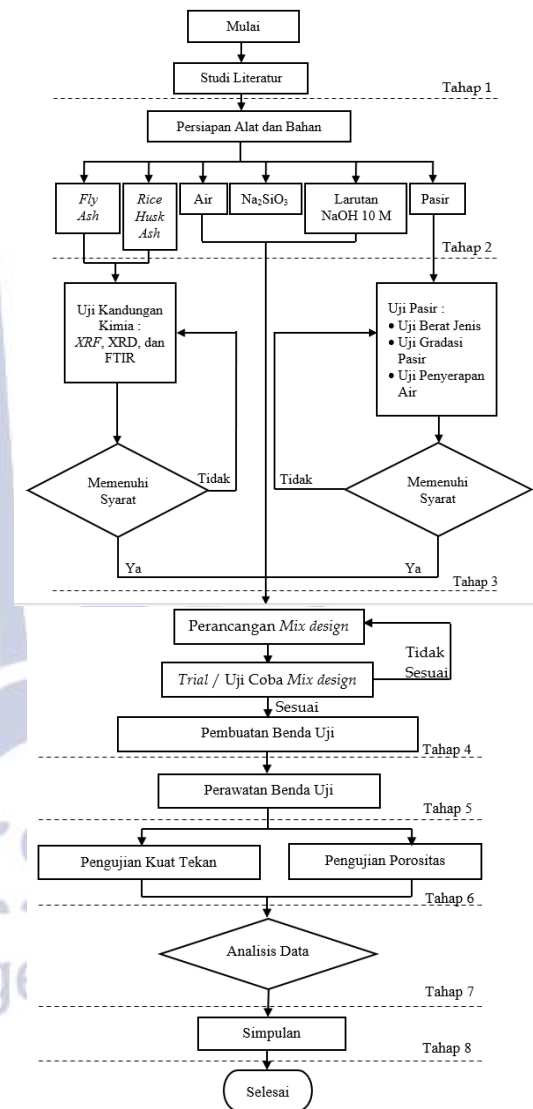
## METODOLOGI

Metode yang akan digunakan pada penelitian ini ialah metode eksperimental. Dengan membatasi dampak dari satu variabel, metode eksperimen adalah teknik penelitian yang digunakan untuk melakukan identifikasi kaitan sebab akibat diantara dua ataupun lebih variabel. Untuk menilai efek pada variabel terikat, metode ini dilakukan dengan sengaja memberikan variabel bebas (induse) ke objek penelitian (Zulnaidi, 2007).

Penelitian dilaksanakan di Lab. Beton Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya (UNESA). Dirancang menggunakan 12 variasi *mix design* dan 2 metode yaitu suhu ruang dan suhu oven. Penggunaan

rasio antara Sodium Silikat dan Sodium Hidroksida (SS/SH) 10 Molar = 4 dan perbandingan komposisi W/S = 1,467.

Berikut ini disajikan diagram terkait alur penelitian yang dapat ditinjau didalam **Gambar 1**:



**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian

## 1. Populasi dan Sampel

Populasi terhadap riset ini adalah hasil pengujian kuat tekan dan porositas. Sampel penelitian terdiri dari 5 mortar kubus geopolimer berukuran 5x5x5 cm<sup>3</sup> untuk setiap *mix design* dengan 12 variasi *mix design*.

## 2. Variabel Penelitian

Penggunaan variabel yang akan ditelaah untuk penelitian ini ialah:

- Variabel bebas : variasi presentase substitusi abu sekam padi terhadap *fly ash* (0%, 5%, 10%, 15%, 20%, serta 25%).
- Variabel terikat : kuat tekan dan porositas mortar geopolimer.
- Variabel kontrol pada riset ini ialah :
  - Larutan NaOH / Sodium Hidroksida = 10 Molar
  - Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> / Sodium Silikat cair
  - Perbandingan SS/SH = 4,0
  - Perbandingan W/S = 1,467
  - Abu Terbang (*Fly Ash*) tipe F
  - Rice husk ash* dari Kabupaten Tuban
  - Pasir Lumajang, Jawa Timur zona 3

## 3. Instrumen Penelitian

Fungsi dari instrumen penelitian ini ialah sebagai alat yang akan digunakan teruntuk mengumpulkan berbagai data pada penelitian. Dimana didalam instrumen ini ialah bagian yang terbilang sangat penting dari bermacam tahapan penelitian (Arifin, 2017). Instrumen terhadap penelitian ini ialah terdapat 2 uji yakni :

- Kuat Tekan
- Porositas

## 4. Teknik Pengumpulan Data

Metode yang dilakukan teruntuk mengumpulkan data yakni dengan menggunakan observasi langsung. Observasi langsung dilaksanakan di Laboratorium Bahan dan Beton Fakultas Teknik UNESA. Dari hasil

pengamatan langsung akan didapatkan data primer sebagai berikut :

- Data pengujian kuat tekan
- Data uji porositas
- Hasil pengujian vicat
- Dokumentasi penelitian

## 5. Teknik Analisis Data

Hasil dari uji laboratorium dianalisis menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Hasilnya adalah data kuantitatif yang pembuatannya kedalam bentuk tabel, kemudian akan dijabarkan kedalam bentuk grafis. Data yang didapatkan ialah seperti berikut :

- Pengaruh Presentase Substitusi Abu Sekam Padi pada *Fly Ash* Terhadap Kuat Tekan Mortar

Berdasarkan pada SNI-03-6825-2002 nilai kuat tekan mortar dapat dihitung menggunakan rumus seperti di bawah ini :

$$\sigma = \frac{P}{A} \text{ (MPa)} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

- $\sigma$  : kuat tekan mortar (MPa)  
 $P$  : gaya tekan maksimum (N)  
 $A$  : luas permukaan benda uji (mm<sup>2</sup>)

- Pengaruh Presentase Substitusi Abu Sekam Padi pada *Fly Ash* Terhadap Porositas Mortar

Pengujian porositas mortar menggunakan standar ASTM C 642-97 . Untuk mengetahui porositas pada mortar dapat digunakan sebagai berikut:

$$\text{Porositas} = \frac{B-A}{A} \times 100 \% (\%) \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan :

- $A$  : berat sampel kering oven (gr)  
 $B$  : berat sampel kondisi SSD (gr)



## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Hasil Uji Material

Tujuan dari uji ini adalah untuk mengetahui karakteristik dan sifat dari bahan yang akan digunakan pada campuran mortar yang telah disesuaikan dengan standar ketentuan yang berlaku berupa ketentuan SNI maupun ASTM.

#### a. Agregat Halus

Agregat halus menggunakan pasir Lumajang, Jawa Timur. Pengujian agregat halus terdiri dari uji berat jenis, gradasi (modulus kehalusan), dan penyerapan air yang dilakukan untuk mengetahui apakah material yang digunakan telah disesuaikan dengan ketentuan standar atau syarat yang telah ditentukan untuk dasar melakukan penelitian. Berikut ini adalah hasil dari uji agregat halus yang akan dijelaskan di bawah ini :

**Tabel 1.** Rekapitulasi Hasil Uji Agregat Halus

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar
Berat Jenis	2,7778 gram/cm <sup>3</sup>	2,5 - 2,7 <b>SNI 03-1970-2008</b>
Penyerapan Air	1,63%	< 2% <b>ASTM C 128</b>
Modulus Kehalusan	2,05	1,5 - 3,8 <b>SKSNI-T15-1991</b>

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

Uji *XRF (X-Ray Fluorescence) fly ash* yang dilaksanakan di PT. Sucofindo *Analytical dan Testing Laboratories*. Hasil uji *XRF* menunjukkan bahwa kadar *CaO fly ash* Petrokimia Gresik, Jawa Timur sebesar 5,70%, dimana *fly ash* yang mempunyai kandungan *CaO* lebih sedikit dari 10% masuk kedalam *fly ash* tipe F.

Hasil pengujian *XRF (X-Ray Fluorescence)* diuraikan didalam tabel seperti di bawah ini :

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

No.	Parameter	Unit (%)
1.	SiO <sub>2</sub> ( <i>Silicon Dioxide</i> )	44,49
2.	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ( <i>Aluminium Oxide</i> )	24,86
3.	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ( <i>Iron Trioxide</i> )	17,06
4.	CaO ( <i>Calcium Oxide</i> )	5,70
5.	MgO ( <i>Magnesium Oxide</i> )	2,41
6.	Na <sub>2</sub> O ( <i>Sodium Oxide</i> )	0,18
7.	K <sub>2</sub> O ( <i>Potassium Oxide</i> )	1,48
8.	TiO <sub>2</sub> ( <i>Titanium Oxide</i> )	0,92
9.	MnO <sub>2</sub> ( <i>Manganese Dioxide</i> )	0,20
10.	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ( <i>Chromium Trioxide</i> )	0,01
11.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ( <i>Diphosphorus Pentoxide</i> )	0,46
12.	SO <sub>3</sub> ( <i>Sulphur Trioxide</i> )	1,91

#### c. Abu Sekam Padi (*Rice Husk Ash*)

Pengujian *XRF (X-Ray Fluorescence)* abu sekam padi dilaksanakan di Lab. Mineral dan Material Maju FMIPA UM. Hasil dari pengujian *XRF (X-Ray Fluorescence)* diuraikan didalam tabel di bawah :

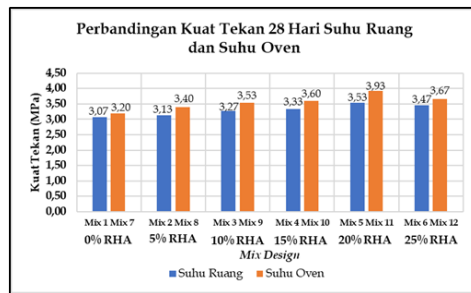
**Tabel 3.** Hasil Uji *XRF Abu Sekam Padi*

No.	Parameter	Unit (%)
1.	Si	80,10
2.	K	10,40
3.	Ca	5,60
4.	Ti	0,22
5.	Mn	0,89
6.	Fe	2,210
7.	Cu	0,093
8.	Zn	0,056
9.	Ba	0,20
10.	Eu	0,10
11.	Re	0,20

## 2. Pembahasan

### a. Analisa Hubungan Kuat Tekan dan Umur Mortar Geopolimer

Uji kuat tekan akan dilaksanakan ketika usia benda uji telah 28 hari. Berikut ini disajikan gambar grafik kuat tekan usia 28 hari dalam diagram batang :



**Gambar 2.** Grafik Perbandingan Kuat Tekan 28 Hari Suhu Ruang dan Suhu *Oven*

Berdasarkan **Gambar 2**, menunjukkan perbandingan kuat tekan mortar pada suhu ruang dan suhu *oven*. Mix 1 sebesar 3,07 MPa dan mix 7 sebesar 3,20 MPa dengan presentase substitusi abu sekam padi sebesar 0%, mix 2 sebesar 3,13 MPa dan mix 8 sebesar 3,40 MPa dengan presentase substitusi abu sekam padi sebesar 5%, mix 3 sebesar 3,27 MPa dan mix 9 sebesar 3,53 MPa dengan presentase substitusi abu sekam padi sebesar 10%, mix 4 sebesar 3,33 MPa dan mix 10 sebesar 3,60 MPa presentase substitusi abu sekam padi sebesar 15%, mix 5 sebesar 3,53 MPa dan mix 11 sebesar 3,93 MPa dengan presentase substitusi abu sekam padi sebesar 20%, mix 6 sebesar 3,47 MPa dan mix 12 sebesar 3,67 MPa dengan presentase substitusi abu sekam padi sebesar 25%. Pada suhu *oven* memberikan hasil kuat tekan yang lebih baik daripada suhu ruang. Akan tetapi, perbandingan hasil uji kuat tekan dengan metode suhu ruang dan suhu *oven* tidak memberikan perbedaan yang signifikan.

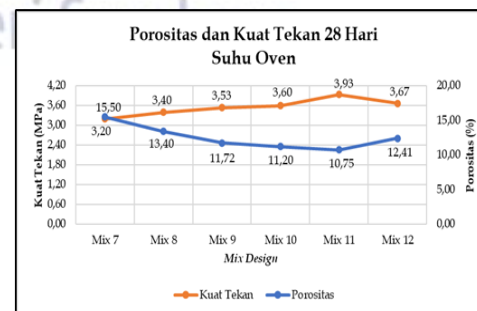
### b. Analisa Hubungan Kuat Tekan dan Porositas

Uji porositas dilaksanakan terhadap setiap variasi *mix design*. Tujuan dari pengujian porositas adalah teruntuk mengidentifikasi tingkat kepadatan yang dikarenakan adanya kerapatan pori sampel benda uji. Berikut ini adalah kaitan yang terjadi diantara kuat tekan dan porositas benda uji yang akan dijelaskan seperti di bawah :



**Gambar 3.** Grafik Hubungan Porositas dan Kuat Tekan Benda Uji – Suhu Ruang

Berdasarkan **Gambar 3** hasil uji porositas mortar geopolimer pada presentase substitusi abu sekam padi sebanyak 0%, 5%, 10%, 15%, 20% serta 25% pada *fly ash* dengan metode suhu ruang ialah 15,85%, 13,80%, 12,77%, 12,20%, 11,99%, dan 12,97%. Nilai uji porositas semakin menurun seiring dengan meningkatnya nilai kuat tekan mortar geopolimer.



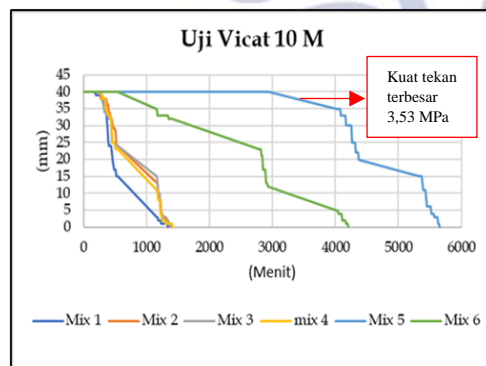
**Gambar 4.** Grafik Hubungan Porositas dan Kuat Tekan Benda Uji – Suhu *Oven*

Berdasarkan **Gambar 4** hasil uji porositas mortar geopolimer pada presentase substitusi abu sekam padi sebanyak 0%, 5%, 10%, 15%, 20% serta 25% pada *fly ash* dengan metode suhu ruang ialah 15,50%, 13,40%, 11,72%, 11,20%, 10,75%, dan 12,41%. Nilai uji porositas semakin menurun seiring dengan meningkatnya nilai kuat tekan mortar geopolimer.

Berdasar pada keterangan didalam **Gambar 3** dan **Gambar 4** sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa hasil nilai kuat tekan berbanding terbalik dengan nilai uji porositas mortar geopolimer.

#### c. Analisa Kuat Tekan dan Vicat

Uji vicat digunakan untuk memperkirakan lamanya waktu pengikatan pada pasta mortar geopolimer. Hasil vicat untuk tiap *mix design* dalam riset ini akan sedikit berbeda. Hasil dari uji vicat disajikan pada **Gambar 5** berikut ini:



**Gambar 5.** Hasil Uji Vicat 10 M

Berdasarkan pada penjabaran **Gambar 5** tersebut, memperlihatkan bahwa makin bertambahnya presentase abu sekam padi (RHA) yang digunakan, maka akan memperlambat waktu pengikatan pada pasta. Waktu pengikatan paling lama terjadi terhadap *mix design* 5 yaitu dengan

presentase substitusi abu sekam padi (RHA) pada *fly ash* sebanyak 20% dengan lama waktu ikat di awal  $\pm 67$  jam serta waktu ikat di akhir  $\pm 94$  jam.

Kuat tekan tertinggi dan porositas terendah pada suhu ruang ditunjukkan terhadap *mix design* 5 dengan banyaknya rasio substitusi abu sekam padi pada *fly ash* sebanyak 20%. Hal ini berkaitan dengan semakin kecil pori-pori pada mortar geopolimer membuat kuat tekan mortar tersebut semakin tinggi. Dalam penelitian ini untuk mendapatkan pori yang semakin kecil membutuhkan waktu ikat yang lebih lama. Hal ini dikarenakan aktivator yang bereaksi memerlukan waktu lebih lama guna mendapatkan hasil kinerja yang lebih baik.

#### d. Analisa Kuat Tekan Mortar Geopolimer terhadap Penelitian Terkait

Jurnal penelitian yang akan dilakukan analisis yakni jurnal oleh Cahya Boy Candra dengan judulnya "*Penggunaan Abu Sekam Padi sebagai Bahan Substitusi Fly Ash pada Mortar Geopolimer dengan NaOH 10 Molar Ditinjau dari Kuat Tekan dan Porositas*". Didalam penelitian ini menggunakan rasio (W/S) sebanyak 0,45 dan (SS/SH) sebanyak 1,5 dengan 7 variasi *mix design*. Dari hasil penelitiannya memperlihatkan bahwa nilai kuat tekan paling tinggi ada pada rasio substitusi abu sekam padi (RHA) sebesar 0% terhadap *fly ash*. Hasil kuat tekan optimum didapatkan sebanyak 46,09 MPa dengan waktu ikat di awal 180 menit serta waktu ikat di akhir 360 menit. Adapun hasil kuat tekan mortar geopolimer di usia 28 hari dari masing-masing *mix design* adalah sebagai berikut : mix 1 (*portland cement*) sebesar 8,20 MPa, mix 2 (0% RHA) sebesar 46,09 MPa,

mix 3 (2,5% RHA) sebesar 38,05 MPa, mix 4 (5% RHA) sebesar 36,92 MPa, mix 5 (7,5% RHA) sebesar 36,70 MPa, mix 6 (10% RHA) sebesar 33,45 MPa, mix 7 (12,5 % RHA) sebesar 26,30 MPa. Sedangkan hasil waktu akhir uji vicat yang dilakukan yaitu mix 1 (portland cement) 300 menit, mix 2 (0% RHA) 360 menit, mix 3 (2,5% RHA) 405 menit, mix 4 (5% RHA) 435 menit, mix 5 (7,5% RHA) 435 menit, mix 6 (10% RHA) 450 menit, mix 7 (12,5 % RHA) 465 menit. Terjadi kenaikan waktu ikat antara *mix design* 1 hingga *mix design* 7 karena perbedaan proporsi campuran bahan pengikat pada pasta.

Berdasarkan **Gambar 2** dapat dilihat bahwa hasil kuat tekan penelitian penulis lebih rendah jika hasilnya dilakukan perbandingan dengan hasil pengujian kuat tekan penelitian sebelumnya yang telah diuraikan diatas. Hal ini disebabkan karena terdapat perbedaan pada variasi rasio substitusi abu sekam padi pada *fly ash* dari masing-masing *mix design* ialah 5%, 10%, 15%, 20%, serta 25% dengan rasio (W/S) sebanyak 1,467 dan (SS/SH) sebanyak 4,0. Selain itu terdapat perbedaan pada penggunaan tipe *fly ash* dan komposisi kandungan kimia pada *fly ash*. Dalam penelitian penulis, menggunakan *fly ash* tipe F sedangkan pada penelitian sebelumnya menggunakan *fly ash* tipe C. Hal ini juga mempengaruhi hasil waktu ikat akhir pada uji vicat dimana dalam penelitian penulis memerlukan waktu yang lebih lama seperti yang telah diuraikan pada **Gambar 5**. Pada kedua penelitian ini, seiring dengan bertambahnya presentase substitusi abu sekam padi pada *fly ash* untuk setiap variasi *mix design* mengakibatkan terjadinya

pertambahan waktu ikat terhadap pasta. Berdasarkan penelitian sebelumnya, pada pengujian porositas menunjukkan terjadinya kenaikan nilai kuat tekan ketika nilai porositasnya mengecil. Hal ini sama dengan hasil uji porositas pada penelitian penulis. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa porositas mortar berlawanan dengan kuat tekan benda uji.

Berikut ini disajikan dalam bentuk tabel perbedaan penelitian sebelumnya dengan penelitian penulis :

**Tabel 4.** Perbedaan Penelitian Sebelumnya dan Penelitian Penulis

No	Perbedaan	Penelitian Sebelumnya	Penelitian Penulis
1	Jenis Benda Uji	Mortar Geopolimer 5 x 5 x 5 cm <sup>3</sup>	Mortar Geopolimer 5 x 5 x 5 cm <sup>3</sup>
2	Pengujian	Kuat tekan mortar geopolimer dan porositas	Kuat tekan mortar geopolimer dan porositas
3	Bahan Penyusun Utama	Abu Sekam Padi, <i>Fly Ash</i> tipe C, Sodium Silikat, NaOH 10 Molar	Abu Sekam Padi, <i>Fly Ash</i> tipe F, Sodium Silikat, NaOH 10 Molar
4	Kandungan Kimia (Hasil Uji XRF)	<i>Fly Ash</i> tipe C : Al 4,6%, Si 13,1%, Ca 24%, Fe 51,7%	<i>Fly Ash</i> tipe F : SiO <sub>2</sub> 44,49%, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 24,86%, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 17,06%, CaO 5,70%
5	<i>Setting Time</i> pada Hasil Optimum	<i>Initial Time</i> : 180 menit <i>Final Time</i> : 360 menit	<i>Initial Time</i> : 4025 menit <i>Final Time</i> : 5660 menit
6	Metode	Suhu Ruang	Suhu Ruang dan Suhu Oven
7	Variasi Substitusi	2,5%, 5%, 7,5%, 10%, 12,5%	5%, 10%, 15%, 20%, 25%



## PENUTUP

### 1. Simpulan

Berdasarkan pembahasan yang telah dijabarkan sebelumnya, maka didapatkan suatu kesimpulan dari hasil dilakukannya penelitian ini adalah :

- a. Perbandingan komposisi optimum pemanfaatan abu sekam padi sebagai bahan substitusi *fly ash* terhadap mortar geopolimer menggunakan alkali aktivator NaOH 10 Molar dengan SS/SH sebesar 4,0 dan W/S sebesar 1,467 adalah pada presentase substitusi abu sekam padi pada *fly ash* sebanyak 20%. Hasil pada kuat tekan optimum dan porositas terkecil dengan metode suhu ruang yaitu pada *mix design* 5 sebesar 3,53 MPa dan 11,99%. Dengan metode suhu oven yaitu pada *mix design* 11 sebesar 3,93 MPa dan 10,75%.
- b. Pemanfaatan abu sekam padi sebagai bahan substitusi *fly ash* dengan NaOH 10 M ada berpengaruh pada kenaikan kuat tekan mortar geopolimer. Dapat ditinjau terhadap substitusi abu sekam padi 0%, 5%, 10%, 15%, 20% hasil kuat tekan akan naik mencapai titik maksimum dan setelah melewati substitusi 20% hasil kuat tekan akan menurun. Hasil uji porositas berlawanan dengan hasil uji kuat tekan. Perihal ini ditunjukkan dari hasil uji porositas yang mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya hasil kuat tekan.

### 2. Saran

Beberapa koreksi perlu dilakukan terhadap penelitian ini agar penelitian selanjutnya dapat dilaksanakan dan memperoleh hasil yang lebih baik. Berikut terdapat berbagai saran teruntuk penelitian kedepannya yaitu :

- a. Perlu dilaksanakannya penelitian secara lebih lanjut dengan mempertimbangkan kandungan kimia yang terkandung dalam *fly ash* dan abu sekam padi untuk mendapatkan hasil kuat tekan yang lebih baik.
- b. Proses mixing harus diperhatikan agar adukan mortar sampai dalam keadaan homogen.
- c. Alat uji kuat tekan yang digunakan telah dikalibrasi dan dijamin berfungsi dengan baik agar menghasilkan data yang akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Z. (2017). Kriteria instrumen dalam suatu penelitian. *Jurnal THEOREMS (The Original Research of Mathematics)*, 2(1), 28-36.
- ASTM C.128-79 (1979). *Standar Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregate, United States*.
- ASTM C 642-97, A. C. (2005). *Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete 1. Test, March 1997, 1-3*.
- Badan Standarisasi Nasional. (1990). SNI T-15-1990-03. *Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Normal*, Departemen Pekerjaan Umum, Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
- Badan Standarisasi Nasional. (2002). SNI-03-6825-2002. *Metode pengujian kekuatan tekan mortar semen Portland untuk pekerjaan sipil ICS 27.180 Badan Standardisasi Nasional*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). SNI 1970:2008 *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Candra, B.C, dan A Wardhono. 2011. *Penggunaan Abu Sekam Padi sebagai Bahan Substitusi Fly Ash pada Mortar Geopolimer dengan NaOH 10 Molar Ditinjau dari Kuat Tekan dan Porositas*. Universitas Negeri Surabaya, 5-6.

- Ilmiah, R. (2017). *PENGARUH PENAMBAHAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI POZZOLAN PADA BINDER GEOPOLIMER MENGGUNAKAN ALKALI AKTIVATOR SODIUM SILIKAT ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) SERTA SODIUM HIDROKSIDA ( $\text{NaOH}$ )*. 195.
- Prasetyo. (2020). Kapasitas Geser Balok Beton Bertulang Hvf Memadat Sendiri Dengan Kadar Fly Ash 50% Terhadap Beton Normal. *Matriks Teknik Sipil*, 8(1), 395–400. <https://doi.org/10.20961/mateksi.v8i1.41513>
- Satria, J., Sugiarto, A., Antoni, & Hardjito, D. (2015). Karakteristik Beton Geopolimer Berdasarkan Variasi Waktu Pengambilan Fly Ash. *Journal Universitas Kristen Petra*, 2(2), 1–8. <http://studentjournal.petra.ac.id/index.php/teknik-sipil/article/view/4901/4509>
- Wang, C. H., Chen, Y. C., Sulistiawan, J., Bui, T. D., & Tseng, M. L. (2021). Hybrid approach to corporate sustainability performance in Indonesia's cement industry. *Sustainability (Switzerland)*, 13(24), 1–21. <https://doi.org/10.3390/su132414039>
- Zulnaidi. (2007). Metodologi Penelitian. *USU Repository* © 2007, 1–20. <http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/1728/07002017.pdf?sequence=1>

