

**PENGARUH PENGGUNAAN ABU SEKAM PADI (*RICE HUSK ASH*) DAN ABU TERBANG (*FLY ASH*) PADA MORTAR GEOPOLIMER DENGAN KONDISI NaOH 15 MOLAR DITINJAU DARI KUAT TEKAN DAN POROSITAS**

**Dennison Aulia Nur'ilmi**

Program Studi S1-Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
[dennison.20109@mhs.unesa.ac.id](mailto:dennison.20109@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**

Bahan utama material bangunan yang paling banyak digunakan ialah semen. Namun material ini menghasilkan emisi karbondioksida (CO<sub>2</sub>) yang dapat mencemari lingkungan. Berdasarkan data dari lembaga penelitian Chatham House, semen merupakan penyumbang sekitar 8% dari emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) di dunia. Alternatif dalam mengatasi masalah tersebut dengan menggunakan material mortar geopolimer. Mortar geopolimer adalah mortar yang 100% tidak menggunakan semen. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui proporsi optimum mortar geopolimer yang ditinjau dari kuat tekan dan porositas dengan perbandingan *fly ash* dan *rice husk ash* yang divariasikan, sedangkan *sodium silikat* (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) dan *sodium hidroksida* (NaOH) tetap pada kondisi NaOH 15 molar SS/SH sebesar 4,0 dan w/s = 1,449 dengan enam buah *mix design* yang tiap *mix design* mendapat dua perlakuan yaitu disimpan pada suhu ruang dan *oven* 24 jam yang berdimensi 5x5x5cm<sup>3</sup>. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen laboratorium. Metode eksperimen adalah jenis studi tertentu yang berusaha memahami bagaimana variabel tertentu mempengaruhi variabel bariatrik dengan menganalisisnya secara langsung. Penelitian ini dilakukan secara eksperimen dikarenakan menggunakan jurnal ilmiah dan penelitian terdahulu sebagai bahan referensi, kemudian dilakukan pengembangan dari penelitian sebelumnya. Pengujian dalam penelitian ini mempunyai 2 tahap yaitu tahap *mixing* dan pengujian. Tahap *mixing* meliputi pembuatan *mix design* dan benda uji sebanyak 180 buah. Tahap pengujian meliputi uji kuat tekan dan porositas. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kadar optimum terjadi pada kondisi *fly ash* : *rice husk ash* adalah 80% : 20% pada suhu *oven* yaitu *mix design* 11. Kekuatan tekan maksimum rata-rata yang dihasilkan yaitu 4,14 MPa dan hasil uji porositas sebesar 10,69%.

**Kata Kunci** : Mortar, Geopolimer, Abu Sekam Padi, *Fly ash*, Kuat Tekan, Porositas.

**ABSTRACT**

*The main material of the most widely used building material is cement. However, this material produces carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions that can pollute the environment. Based on data from the Chatham House research institute, cement is a contributor to about 8% of the world's carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions. An alternative in overcoming this problem is by using geopolimer mortar material. Geopolimer mortar is a mortar that is 100% not using cement. The purpose of this study was to determine the optimum proportion of geopolimer mortar in terms of compressive strength and porosity with a varied ratio of fly ash and rice husk ash, while sodium silicate (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) and sodium hydroxide (NaOH) remained at naoh 15 molar SS / SH conditions of 4.0 and w / s = 1.449 with six pieces of mix design, each mix design received two treatments, namely stored at room temperature and a 24-hour*

oven with dimensions of  $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$ . This research uses laboratory experimental methods. An experimental method is a certain type of study that seeks to understand how certain variables affect bariatric variables by analyzing them directly. This research was carried out experimentally because it used scientific journals and previous research as reference material, then development was carried out from previous research. The testing in this study has 2 stages, namely the mixing and testing stages. The mixing stage includes making a mix design and 180 test objects. The testing phase includes compressive strength and porosity tests. The results of this study show that the optimum level occurs in fly ash conditions: rice husk ash is 80% : 20% at oven temperature, namely mix design 11. The average maximum compressive force produced was 4.14 MPa and the porosity test result was 10.69%.

**Keywords :** Mortar, Geopolymer, Rice husk ash, Fly ash, Compressive strength, Porosity

## PENDAHULUAN

Kebutuhan akan pembangunan infrastruktur yang terus meningkat disebabkan oleh tingginya angka permintaan pembangunan konstruksi di Indonesia. Hal inilah yang memicu lonjakan permintaan kebutuhan semen, yang mana semen adalah bahan utama pembuatan beton dalam bidang konstruksi. Berdasarkan data dari Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, produksi semen *portland* semakin meningkat setiap tahunnya karena terjadi peningkatan pembangunan konstruksi beton di Indonesia. Data statistik dari Asosiasi Semen Indonesia (ASI) menunjukkan peningkatan jumlah penggunaan semen di Indonesia pada tahun 2021 mencapai 5,9%. Namun capaian pada tahun 2021, belum sepenuhnya pulih seperti sebelum terjadi pandemi Covid-19. Berdasarkan data Asosiasi Semen Indonesia (ASI), konsumsi semen nasional pada tahun 2021 tercatat 66,21 juta ton, meningkat dari 2020 yaitu sebesar 62,51 juta ton. Angka penggunaan semen tahun 2021 masih dibawah capaian 2019 yang tercatat 69,99 juta ton. Sedangkan rata-rata peningkatan per tahun sekitar angka 8,4% selama tahun 2010-2015. (*Portland Cement Association*, 2021) Hal itu, menyebabkan pemanasan global karena proses produksi semen portland pada dasarnya banyak melepaskan gas  $\text{CO}_2$  akibat dari proses produksi yang menggunakan energi pemanasan sekitar 1300-15000C sehingga banyak melepas gas  $\text{CO}_2$  ke udara. Industri beton yang

berbasis *portland cement* menghasilkan 5-8 % karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), yang merupakan kontributor utama *global warming* tercatat sebesar 65% . (Olivia, 2011)

Pemanasan global (*global warming*) merupakan masalah yang diakibatkan oleh kemajuan dari perkembangan ilmu dan teknologi. Ada Banyak aspek yang diakibatkan oleh adanya masalah ini. Salah satu aspek yang menjadi penyumbang utamanya yaitu aspek dibidang dunia konstruksi, terlebih dalam proses produksi semen portland. Pelepasan *karbon dioksida* ( $\text{CO}_2$ ), yang merupakan penyumbang utama emisi gas  $\text{CO}_2$  di atmosfer yang dihasilkan pada proses produksi semen portland. Satu-satunya solusi terbaik yang tersedia untuk mengatasi masalah ini adalah beton geopolimer. Jenis beton yang dikenal sebagai geopolimer adalah jenis beton yang tidak dibuat dengan semen portland sebagai bahan penyusun utamanya. Menurut penelitian ini, *fly ash* dan abu sekam padi dengan kandungan silika  $\text{SiO}_2$  digunakan sebagai aktivator alkalin bersama dengan *sodium silikat* ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) dan *sodium hidroksida* ( $\text{NaOH}$ ) untuk membuat pasta geopolimer.

Beton geopolimer merupakan jenis beton yang tidak menggunakan semen sama sekali, karena komposisi penggunaan *fly ash* atau abu terbang sebagai komponen kunci untuk membuat bahan pengikat/binder yang dibutuhkan untuk campuran beton geopolimer. Berbeda dengan beton

konvensional, beton geopolimer terbuat dari reaksi kimia dan bukan reaksi hidrasi. (Davidovits, 1999).

Berbagai mineral alkali dengan kandungan  $\text{SiO}_2$  (silica dioksida) yang tinggi merupakan pilihan yang dapat digunakan sebagai alternatif pengganti semen. *Fly ash* dan *rice husk ash* adalah beberapa contohnya karena mengandung  $\text{SiO}_2$  yang tinggi. *Fly ash* yang juga dikenal dengan abu terbang merupakan hasil samping dari pembakaran batu bara, yang merupakan material buangan dari industri dan PLTU, yang memiliki kadar silika dioksida ( $\text{SiO}_2$ ) yang tinggi. Sedangkan abu sekam padi (*rice husk ash*) merupakan hasil samping pembakaran sekam yang sering memiliki kadar silika dioksida lebih dari 90 % (Antiohos, 2014).

Untuk membuat ikatan dalam mortar geopolimer membutuhkan komposisi aktivator seperti *sodium hidroksida* (NaOH) dan *sodium silikat* ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ). Selain bahan-bahan di atas, komposisi lain yang digunakan sebagai pengikat adalah abu sekam padi (*rice husk ash*) karena kandungan silika dioksida yang ada akan bereaksi secara kimia dan membentuk ikatan polimer.

Perawatan mortar geopolimer dengan suhu yang tinggi dapat mempercepat reaksi polimerisasi yang terjadi selama proses setting/pengerasan (Wardhono, 2012). Oleh karena itu, kami menggunakan ukuran  $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$  yang relatif lebih kecil untuk sampel uji kubus kami agar penelitian lebih berfokus pada pembuatan mortar dan membuat proses pengerasan menjadi lebih efisien.

Pada penelitian terdahulu yang menggunakan abu sekam padi dengan judul “Penggunaan Abu Sekam Padi sebagai Bahan Substitusi *Fly ash* pada Mortar Geopolimer dengan NaOH 14 Molar Ditinjau dari Kuat Tekan dan Porositas” oleh Gandhi Aria Kusuma. Pada penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui pengaruh kuat tekan mortar geopolimer dengan penambahan substitusi abu sekam padi terhadap *fly ash type C*. dengan hal ini maka

dilakukanlah penelitian lebih lanjut dengan beberapa perubahan antara lain NaOH dan *type fly ash*. Perubahan yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu menggunakan NaOH 15 molar dan *fly ash type F*.

## METODOLOGI

Dalam suatu penelitian pastinya menggunakan Metode penelitian yang berguna untuk memperoleh data dan tujuan tertentu secara ilmiah. Metodologi adalah serangkaian penyelidikan panjang terhadap suatu masalah, keadaan, fenomena, atau rangkaian keadaan tertentu dengan menggunakan jalan ilmiah untuk menghasilkan kesimpulan yang rasional. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan metode eksperimen laboratorium. Metode eksperimen adalah jenis studi tertentu yang berusaha memahami bagaimana variabel tertentu mempengaruhi variabel bariatrik dengan menganalisisnya secara langsung.

Penelitian ini dilakukan secara eksperimen dikarenakan menggunakan jurnal ilmiah dan penelitian terdahulu sebagai bahan referensi, kemudian dilakukan pengembangan merancang variasi rasio SS/SH 15 Molar sebesar 4 dengan kadar solid larutan aktivator (w/s) sebesar 1,449 untuk mendapatkan nilai rasio optimum penambahan abu sekam padi (*rice husk ash*) terhadap abu terbang (*fly ash*) pada mortar geopolimer dengan bahan dasar abu terbang (*fly ash*), abu sekam padi (*rice husk ash*), air, dan larutan aktivator berupa campuran *sodium silikat* dan *sodium hidroksida*. Hasil percobaan menggunakan mortar geopolimer yang diukur dengan pengujian kuat tekan dan porositas yang kemudian digunakan untuk membuat skripsi.

Adapun tahapan-tahapan penelitian yang kami laksanakan dibagi menjadi tujuh tahapan sebagai berikut:

### 1. Tahap 1 (Perisapan Alat dan Bahan)

Untuk memaksimalkan keberhasilan dalam penelitian ini, terlebih dahulu kita harus menyiapkan alat dan bahan sebelum digunakan.

## 2. Tahap 2 (Uji Bahan)

Sebelum pembuatan sampel uji, dilakukan pengujian material untuk mengetahui kualitas dari masing - masing material penyusun mortar geopolimer.

## 3. Tahap 3 (Pembuatan Sampel)

Pada fase ini kita melakukan perancangan *mix design* terlebih dahulu untuk memperoleh rasio dan kebutuhan yang direncanakan sebelum melakukan mixing atau pembuatan sampel uji.

## 4. Tahap 4 (Perawatan Sampel)

Perawatan akan dilakukan setelah sampel uji dalam kondisi menunggu tibanya waktu pengujian untuk menjaga benda uji dari hujan dan sinar matahari, dalam kondisi suhu ruang.

## 5. Tahap 5 ( Pengujian Sampel)

Dalam penelitian ini, kami melakukan dua pengujian, yaitu pengujian kuat tekan dan porositas.

## 6. Tahap 6 (Analisis Data)

Di sini, kita akan membahas bagaimana menganalisis data laboratorium menggunakan teknik analisis teknis. teknik analisis ini dikenal dengan istilah “ menelaah data ”, yang di ambil dari hasil eksperimen, yaitu data kuantitatif yang akan disajikan ke dalam sebuah tabel dan kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik.

## 7. Tahap 7 (Kesimpulan dan Saran)

Berikut adalah tahapan akhir dari penelitian. Data yang telah terkumpul kemudian dianalisis untuk menentukan hasil penelitian mortar geopolimer ini yang selanjutnya disertakan saran yang dapat mengembangkan penelitian kedepannya.

### 1. Sampel dan Populasi

Populasi untuk penelitian ini adalah jumlah data yang diperoleh dari hasil uji kuat tekan dan porositas mortar geopolimer kubus berdimensi  $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$ , dengan jumlah populasi bersifat semua sampel dari data hasil pengujian di

Laboratorium. Sampel uji berjumlah lima buah sampel untuk setiap *mix design* dan tiap pengujian dengan Jumlah total *mix design* yakni 12 *mix design*.

### 2. Variabel dan Definisi Operasional

Variabel dalam penelitian ini ada tiga, diantaranya:

- Variabel Bebas (*Independent*): variasi persentase substitusi *rice husk ash* terhadap *fly ash* (0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%).
- Variabel Terikat : pengujian mortar geopolimer yaitu uji kuat tekan dan porositas
- Variabel kendali/kontrol pada penelitian ini sebagai berikut:
  - Larutan NaOH / *Sodium Hidroxide* = 15 Molar
  - $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  / *Sodium silikat*
  - Komposisi dari  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  / NaOH atau SS / SH = 4,0
  - Water Solid Ratio* (W/S) = 1,449
  - Fly ash* tipe F
  - Rice husk ash* dari Kabupaten Tuban, Jawa Timur.
  - Air (*aquades*) = 1.5.
  - Pasir Lumajang zona pasir 3.

Berikut adalah **Tabel 1**. Rasio gradasi ayakan pasir :

**Tabel 1.** Rasio Gradasi Ayakan Pasir

Rasio Gradasi Ayakan Pasir	
Lolos Pada Ayakan Dengan Nomor dan Ukuran	Rasio (%)
No. 4 (4,75)	5 %
No. 8 (2,36)	5 %
No. 16 (1,72)	10 %
No. 30 (0,60)	50 %
No. 50 (0,30)	25 %
No. 100 (0,15)	5 %

Pernyataan gradasi digunakan sebagai prosentase dari berat butiran yang tertinggal atau lolos dari suatu ayakan. Berdasarkan SKSNI-T15\_1991, analisa ayakan pasir dibagi beberapa zona. Dari tabel di atas kita dapat mengetahui rasio gradasi dari pasir yang kita gunakan yang mana termasuk dalam pasir zona 3.

### 3. Instrumental penelitian

Instrumen yang kami gunakan untuk penelitian kami terdiri dari komponen variabel - variabel yang diizinkan untuk dianalisis. Variabel-variabel di atas merupakan faktor-aktor yang mempengaruhi metode yang digunakan. Variabel tersebut didefinisikan operasionalnya dan ditentukan indikator yang akan diukur. Adapun indikator yang akan diukur meliputi dua hal yaitu pengujian kuat tekan dan porositas.

#### a. Kuat Tekan

Dalam pengujian kuat tekan alat yang digunakan ialah *universal testing machine* (UTM). Pengujian kuat tekan dilakukan hingga didapatkan beban maksimumnya. Dengan jumlah tiga buah sampel uji disetiap *mix design*. Jumlah total *mix design* ada enam dengan dua kondisi sehingga total ada 12 *mix design* yang pengujiannya dilakukan pada saat sampel uji berusia 28 hari.

#### b. Porositas

Tujuan dari pengukuran porositas ini adalah untuk menentukan besar pori-pori yang ada pada sampel uji, yang mana besarnya dinyatakan dalam satuan persen (%). Dimana proses pengujian dilakukan pada hari ke-26 usia sampel uji.

### 4. Teknik Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, kami menggunakan teknik pengumpulan data. Data-data yang terkumpul kemudian kami gunakan dalam penelitian yang akan kami lakukan nantinya. Pengamatan visual secara langsung yang kami

lakukan dalam pengumpulan data yang bertempat di Laboratorium Beton Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya (UNESA). Hasil dari pengamatan visual secara langsung yaitu diperoleh data primer antara lain:

- a. Volume dan dimensi material sampel uji.
- b. Nilai kuat tekan sampel uji.
- c. Nilai porositas sampel uji.
- d. Dokumentasi, yang diambil ketika penelitian berlangsung berupa gambar.

### 5. Teknik Analisis Data

Seperti yang di jelaskan di atas teknik ini berada dalam tahap enam (analisis data). Yang mana menggunakan teknik analisis deskriptif kuantitatif. Teknik analisis ini dilakukan dengan mengumpulkan data dari eksperimen yang kemudian diolah dan kemudian disajikan lagi dalam bentuk tabel, diagram, dan grafik .

Untuk memberikan pemahaman tentang masalah yang mendasari, langkah selanjutnya yaitu menjabarkan atau menjelaskan dengan gambar data apa adanya dalam sebuah kalimat yang jelas, dapat dipahami dan dipaparkan. Sehingga dapat menjawab permasalahan yang ditangani

Tabel, diagram, dan grafis yang dibuat selanjutnya dianalisis dan dijelaskan sehingga didapatkan suatu keterkaitan dari data tersebut. Datayang dimaksud penulis antara lain:

- a. Pengaruh Persentase Substitusi Abu Sekam Padi pada *Fly ash* terhadap Kuat Tekan.

Untuk mengetahui besarnya kuat tekan Berdasarkan SNI 03-1974-1990 dan ASTM C39 rumus yang digunakan sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Keterangan:

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

P =Beban maksimum (N)

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

- b. Pengaruh Persentase Substitusi Abu Sekam Padi pada *Fly ash* terhadap Porositas Mortar.

Berdasarkan standar ASTM C 642-97 Untuk mengetahui porositas pada mortar dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Porositas (\%)} = \frac{Y-X}{X} \times 100\%$$

Keterangan:

X = Berat sampel kering oven (gr)

Y = Berat sampel kondisi SSD (gr)

## PEMBAHASAN HASIL PENELITIAN

### 1. Hasil Pengujian Material

Dalam penelitian ini, material perlu diuji guna mengetahui sifat dan karakteristiknya. Material yang di uji antara lain agregat halus (*sand*), abu terbang (*fly ash*), dan abu sekam padi (*rice husk ash*).

#### a. Agregat Halus (*sand*)

Agregat halus yang nantinya akan digunakan dalam penelitian ini termasuk zona 3 yang diambil dari pasir beton Lumajang. Pastinya sebelum pasir akan digunakan telah melewati tiga tahap pengujian antara lain uji gradasi kehalusan, berat jenis, dan penyerapan air dengan hasil pengujian akan disajikan daalam bentuk tabel dengan acuan SNI:

**Tabel 2.** Hasil uji Agregat Halus (*sand*)

No	Pengujian	Pasir Lumajang	Keterangan SNI
1	Gradasi Kehalusan	FM = 2,05	FM= 1,50-3,80
2	Berat Jenis	2,778 gr/cm <sup>3</sup>	2,0-3,0 gr/cm <sup>3</sup>
3	Penyerapan Air	1,626 %	Dibawah 2%

Dari tabel di atas dapat disimpulkan bahwa pasir lumajang zona 3 yang kita gunakan dalam penelitian ini telah sesuai

dengan acuan yang kita gunakan, dengan nilai *Fineness Modulus* sebesar 2,05, Berat Jenis sebesar 2,778 gr/cm<sup>3</sup> dan *Absorpsi* sebesar 1,626 %.

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

*Fly ash* merupakan material utama penyusun mortar goepolimer. Dalam penelitian ini kami menggunakan *fly ash type F*, oleh karena itu perlu dilakukan pengujian *X-Ray Flourence* (XRF). Tujuan dari analisis XRF yang dilakukan pada abu terbang (*fly ash*) adalah untuk mengetahui komposisi kandungan kimia dan konsentrasi mineral utama penyusun *fly ash*. Pengujian tersebut dilakukan oleh PT Sucofindo *Analytical* dan *Testing Laboratories* Cabang Surabaya dengan menggunakan metode *X-Ray Flourence* (XRF). berikut adalah kandungan kimia yang terdapat di dalam *fly ash type F* yang kami gunakan dalam bentuk tabel 3.:

**Tabel 3.** Hasil uji XR  
F *fly ash*

No	Komponen Kimia	Unit (%)
1	SiO <sub>2</sub>	44.49
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24.86
3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.06
4	CaO	5.70
5	MgO	2.41
6	Na <sub>2</sub> O	0.18
7	K <sub>2</sub> O	1.48
8	TiO <sub>2</sub>	0.92
9	MnO <sub>2</sub>	0.20
10	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01
11	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.46
12	SO <sub>3</sub>	1.91

Dari tabel diatas kita dapat mengetahui bahwa *fly ash type F* yang kami gunakan memiliki kandungan SiO<sub>2</sub> yang dominan sebesar 44,49%.

c. Abu Sekam Padi (*Rice husk ash*)

Pada penelitian ini, abu sekam padi juga dilakukan analisis *X-Ray Fluorecence* (XRF) di Laboratrium Sentral Mineral dan Material Maju FMIPA Universitas Negeri Malang, dengan hasil sebagai berikut:

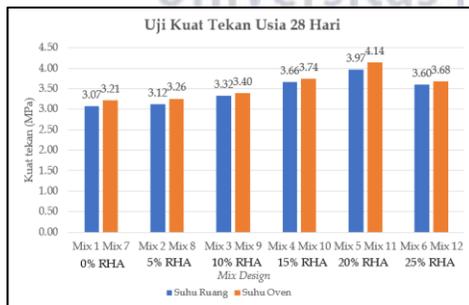
**Tabel 4.** Hasil uji XRF *rice husk ash*

No	Komponen Kimia	Unit (%)
1	Si	80.1
2	K	10.4
3	Ca	5.6
4	Ti	0.22
5	Mn	0.89
6	Fe	2.21
7	Cu	0.093
8	Zn	0.056
9	Ba	0.2
10	Eu	0.1
11	Re	0.2

Dari tabel diatas kita dapat mengetahui bahwa *rice husk ash* yang kami gunakan memiliki kandungan Si yang dominan sebesar 80,1%.

2. Hasil uji kuat tekan mortar geopolimer

Hasil uji kuat tekan mortar geopolimer dapat digunakan untuk mengetahui kualitas atau mutabilitas mortar geopolimer tersebut. Pengujian kuat tekan mortar geopolimer dilakukan pada hari ke-28 umur sampel uji, yang mana Hasil uji dapat dilihat dalam bentuk diagram batang.

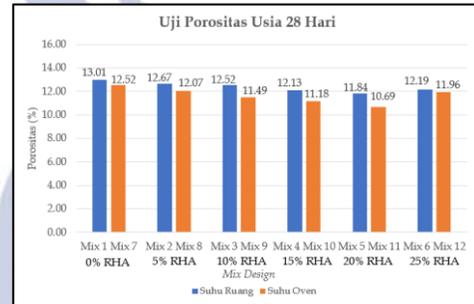


**Gambar 1.** pengujian kuat tekan usia 28 hari

*Mix design* 11 dengan substitusi abu sekam padi (*rice husk ash*) terhadap *fly ash* sebesar 20% pada perlakuan suhu oven mencapai nilai kuat tekan sebesar 4.14 Mpa yang merupakan kuat tekan optimum/tertinggi dalam penelitian ini.

3. Hasil uji porositas mortar geopolimer

Hasil pengujian porositas mortar geopolimer dapat digunakan untuk mengetahui besarnya persentase pori-pori mortar terhadap volume mortar padat. Pengujian porositas dilakukan pada hari ke-26 umur sampel uji. Nilai pengujian dapat dilihat dari diagram batang berikut:

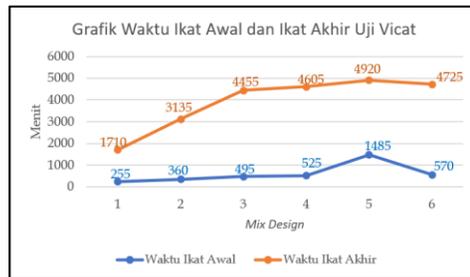


**Gambar 2.** Uji porositas usia 28 hari

Hasil uji porositas pada **Gambar 2.** menunjukkan bahwa porositas mortar tertinggi pada usia 28 hari diberikan oleh *mix design* 1 yaitu mortar geopolimer normal tanpa menggunakan substitusi abu sekam padi terhadap *fly ash* dengan perlakuan suhu ruang sebesar 13,01%. Sebaliknya porositas pada *mix design* 11 dengan perbandingan abu sekam padi tersubstitusi terhadap *fly ash* 20% dengan perlakuan suhu oven sebesar 11,62%.

4. Hasil pengujian vicat pasta geopolimer

Berikut adalah grafik yang menunjukkan hasil uji vicat untuk waktu ikat awal dan waktu ikat akhir masing masing jenis pasta geopolimer yang peneliti lakukan dalam kondisi suhu ruang.



**Gambar 3.** Grafik waktu ikat awal dan ikat akhir uji vicat pasta geopolimer

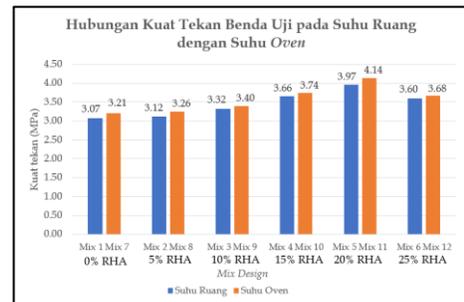
Pada **Gambar 3.** di atas, menunjukkan bahwa perbedaan waktu pengikatan dari setiap mix design. Pengikatan awal pada mix design 1 terjadi dalam waktu 255 menit, mix design 2 terjadi dalam waktu 360 menit, mix design 3 terjadi dalam waktu 495 menit, mix design 4 terjadi dalam waktu 525 menit, mix design 5 terjadi dalam waktu 1485 menit, dan mix design 6 terjadi dalam waktu 570 menit. Selanjutnya pada pengikatan akhir mix design 1 terjadi dalam waktu 1710 menit, mix design 2 terjadi dalam waktu 3135 menit, mix design 3 terjadi dalam waktu 4455 menit, mix design 4 terjadi dalam waktu 4605 menit, mix design 5 terjadi dalam waktu 4920 menit, dan mix design 6 terjadi dalam waktu 4725 menit.

## 5. Pembahasan

### a. Analisis hubungan kuat tekan dan umur mortar geopolimer

Dalam penelitian ini, ketika benda uji berumur 28 hari maka dilakukan pengujian kuat tekan yang kemudian dianalisa. Analisa ini digunakan untuk menyatakan bahwa umur sampel mempengaruhi nilai kuat tekan. Biasanya pada umur sampel uji 28 hari mortar mencapai kuat tekan optimumnya yang mana pada saat usia 28 hari mortar telah sepenuhnya bereaksi sehingga jika dibandingkan dengan mortar usia 7 dan 14 hari kuat tekannya relatif lebih tinggi. Berikut di bawah ini

disajikan gambar kuat tekan usia 28 hari dalam diagram batang:



**Gambar 4.** Grafik hubungan kuat tekan benda uji pada suhu ruang dan oven

Berdasarkan **Gambar 4.** menunjukkan bahwa perbandingan kuat tekan mortar geopolimer pada suhu ruang dan suhu oven. Dengan penjelasan sebagai berikut:

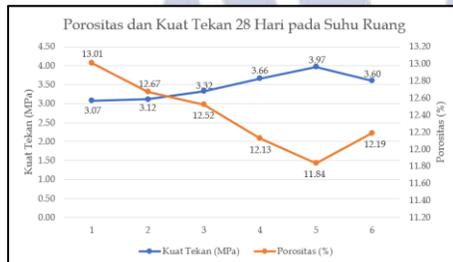
- 1) Mix 1 dengan mix 7 pada rasio substitusi abu sekam padi terhadap *fly ash* sebesar 0%.
- 2) Mix 2 dengan mix 8 pada rasio substitusi abu sekam padi terhadap *fly ash* sebesar 5%.
- 3) Mix 3 dengan mix 9 pada rasio substitusi abu sekam padi terhadap *fly ash* sebesar 10%.
- 4) Mix 4 dengan mix 10 pada rasio substitusi abu sekam padi terhadap *fly ash* sebesar 15%.
- 5) Mix 5 dengan mix 11 pada rasio substitusi abu sekam padi terhadap *fly ash* sebesar 20%.
- 6) Mix 6 dengan mix 12 pada rasio substitusi abu sekam padi terhadap *fly ash* sebesar 25%.

Pada suhu oven memberikan nilai kuat tekan yang lebih baik daripada suhu ruang. Hal ini dibuktikan dengan hasil uji kuat tekan pada mix 7, 8, 9, 10, 11, dan 12 yang memiliki kuat tekan lebih besar dibandingkan dengan mix 1, 2, 3, 4, 5, dan

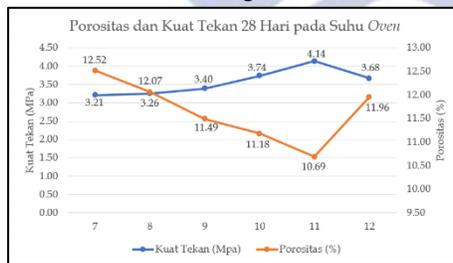
6. Akan tetapi, perbandingan hasil uji kuat tekan mortar geopolimer dengan kondisi suhu ruang dan suhu *oven* tidak memberikan pengaruh yang signifikan.

b. Analisis hubungan kuat tekan dan porositas

Dalam penelitian ini, dilakukan uji porositas pada setiap variasi *mix design* mortar geopolimer dalam kondisi suhu ruang. Tujuan dari uji porositas ini untuk mengetahui tingkat kepadatan yang dipengaruhi dari besarnya pori-pori pada sampel uji. yang mana hubungan antara kuat tekan dan porositas dapat dilihat pada **Gambar 5.** dan **Gambar 6.**



**Gambar 5.** Grafik hubungan porositas dan kuat tekan benda uji kondisi suhu ruang



**Gambar 6.** Grafik hubungan porositas dan kuat tekan benda uji kondisi suhu *oven*

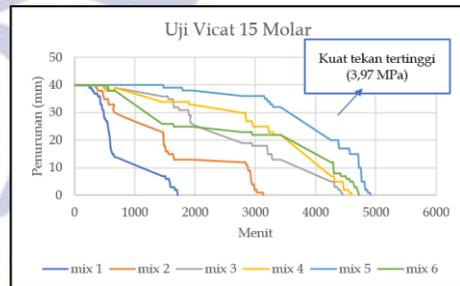
Berdasarkan nilai uji kuat tekan dan porositas yang disajikan pada **Gambar 5** dan **Gambar 6.** dapat dilihat bahwa nilai kuat tekan optimum didapatkan pada *mix design* 11 dengan rasio substitusi Abu Sekam Padi terhadap *fly ash* sebesar 20% memiliki nilai kuat tekan sebesar 4,14 MPa

dengan nilai porositas sebesar 10,69%. Hasil kuat tekan terendah didapatkan pada *mix design* 1 dengan rasio substitusi Abu Sekam Padi terhadap *fly ash* 0% dengan memiliki nilai kuat tekan sebesar 3,07 MPa dengan porositas paling besar yaitu 13,01%.

Pada **Gambar 5** dan **Gambar 6** menunjukkan grafik terjadinya penurunan nilai porositas seiring meningkatnya nilai kuat tekan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil nilai uji porositas mortar berbanding terbalik dengan hasil nilai kuat tekan benda uji.

c. Analisis hubungan kuat tekan dan vicat

Tujuan dilakukan pengujian vicat pada penelitian ini adalah untuk menentukan konsistensi normal dari mortar geopolimer untuk penentuan berapa lama pengikatan yang akan terjadi. Setiap *mix design* pada penelitian ini akan memiliki variasi hasil vicat yang berbeda. Adapun hasil uji vicat disajikan pada **Gambar 7.** berikut:



**Gambar 7.** Hasil uji Vicat 15 molar

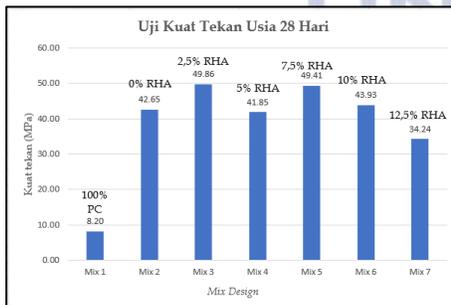
pada **Gambar 7.** menunjukkan bahwa semakin bertambahnya presentase abu sekam padi yang digunakan, maka akan memperlambat waktu pengikatan pada pasta. Waktu pengikatan paling lama terjadi pada *mix design* 5 yaitu dengan rasio substitusi abu sekam padi terhadap *fly ash* sebesar 20% dengan lama waktu ikat

awal 1485 menit atau  $\pm 24$  jam dan waktu ikat akhir 4920 menit atau  $\pm 82$  jam.

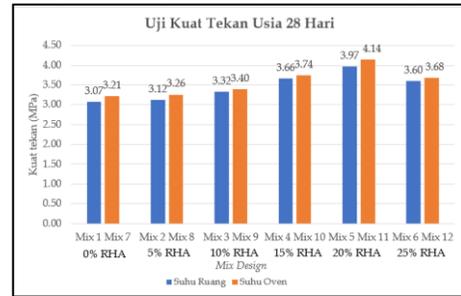
Kuat tekan tertinggi pada suhu ruang ditunjukkan pada *mix design* 5 sebesar 3,97 MPa dengan rasio substitusi abu sekam padi terhadap *fly ash* sebesar 20%. Hal ini berkaitan dengan semakin kecil pori-pori pada mortar geopolimer membuat kuat tekan mortar tersebut semakin tinggi. Dalam penelitian ini untuk mendapatkan pori yang semakin kecil membutuhkan waktu ikat yang lebih lama. Hal ini dikarenakan pula aktivator yang bereaksi membutuhkan waktu yang lebih lama untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.

- d. Analisis hubungan kuat tekan terhadap penelitian terkait pada penelitian sebelumnya.

Tujuan dilakukanya perbandingan supaya kita dapat mengetahui perbedaan perbedaan yang dilakukan peneliti sebelumnya dengan penelitian ini, untuk mengetahui karakteristik material material yang digunakan dan pengaruhnya. Berikut perbedaan yang dilakukakn peneliti sebelumnya dengan penelitian yang saya lakukan dalam bentuk tabel dan diagram.



**Gambar 8.** Hasil pengujian kuat tekan 28 hari jurnal



**Gambar 9.** Hasil uji kuat tekan 28 hari peneliti

**Tabel 5.** Perbedaan penelitian penulis dan penelitian terkait

Perbedaan	Jurnal Sebelumnya	Jurnal Peneliti
Bahan penyusun utama	Abu sekam padi, <i>Fly ash type C</i> , <i>sodium silikat</i> , NaOH 14 molar	Abu sekam padi, <i>Fly ash type F</i> , <i>sodium silikat</i> , NaOH 15 molar
Kandungan Kimia <i>Fly Ash</i>	Fe 51,17%, Ca 24%, Si 13,1%, Al 4,6%	Fe 17,06%, Ca 5,7%, Si 44,49%, Al 24,86%
Kandungan Kimia <i>Rice Husk Ash</i>	Si 75,7%, K 14,8%, Ca 4,75%, Fe 1,77%	Si 80,1%, K 10,4%, CA 5,6%, Fe 2,21%
Kuat Tekan & Porositas terbaik	Kuat Tekan : 49,86 MPa Porositas : 8,46%	Kuat Tekan : 4,14 MPa Porositas : 10,69%

Dari tabel dan diagram tersebut dapat

kita simpulkan bahwa penelitian penulis tidak memiliki kesamaan/keterkaitan dengan penelitian yang sebelumnya dilakukan. Dikarenakan kandungan kimia yang terdapat dalam *fly ash* dan juga *type fly ash* yang berbeda, sehingga menimbulkan reaksi yang berbeda terhadap penelitian mortar geopolimer ini yang berpengaruh pada nilai kuat tekan.

## SIMPULAN

Kesimpulan yang dapat peneliti berikan dalam penelitian yang telah dilakukan adalah:

1. Pengaruh kadar abu sekam padi dan *fly ash* terhadap kuat tekan dan porositas mortar geopolimer adalah berbanding terbalik dengan hasil nilai uji kuat tekan pada benda uji. Hal tersebut ditunjukkan bahwa hasil uji nilai porositas mengalami penurunan seiring meningkatnya hasil uji nilai kuat tekan benda uji. Adapun hasil uji kuat tekan tertinggi dengan porositas terendah pada usia 28 hari yaitu pada *mix design* 11 dengan kuat tekan sebesar 4,14 MPa dan hasil uji porositas sebesar 10,69%.
2. Hasil uji kuat tekan optimum mortar geopolimer didapatkan pada *mix design* 11 menggunakan perlakuan pada suhu *oven*. dengan rasio substitusi abu sekam padi terhadap *fly ash* sebesar 20%. penambahan abu sekam padi sebagai substituen *fly ash* mempengaruhi nilai kuat tekan. Hal tersebut ditunjukkan oleh hasil kuat tekan yang naik secara bertahap seiring dengan penambahan jumlah rasio substitusi abu sekam padi terhadap *fly ash* yang berhenti kenaikannya atau mencapai optimum pada rasio 20% substitusi abu sekam padi terhadap *fly ash*. Nilai hasil uji kuat tekan tertinggi pada mortar geopolimer yaitu *mix design* 11 sebesar 4,14 MPa pada suhu *oven* dan *mix design* 5 sebesar 3,97 MPa pada suhu ruang. Sehingga termasuk dalam mortar tipe O yang mana memiliki kekuatan 2,4 MPa.
3. Dari hasil penelitian yang telah kami lakukan, maka dapat di simpulkan bahwa *mix desain* 11 adalah porporasi campuran yang optimum pada mortar geopolimer 15 molar kami dengan rasio RAH 20%, FA 80%, pasir 2,75, SH 0,1, SS 0,4, air 1,5, dan w/s 1,449 dengan kondisi *oven*.

## SARAN

Saran terkait penelitian yang dilakukan oleh antara lain:

1. Pada saat pencampuran adonan mortar, perlu dipastikan lebih dahulu bahwa mortar tersebut sudah tercampur dengan merata/homogen sehingga dapat terhindar dari segregasi pada mortar geopolimer.
2. Saat membaca data kuat tekan, alangkah baiknya dilakukan secara hati-hati dan teliti, juga perlu dicek terlebih dahulu untuk alat uji UTM (Universal Testing Machine) telah dikalibrasi sehingga didapatkan data yang akurat.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang penambahan abu sekam padi terhadap *fly ash type F* dengan memperhatikan kandungan kimia sehingga diketahui reaksi kimia apa saja yang terjadi pada material penyusun mortar geopolimer.

## DAFTAR PUSTAKA

- ACI 232.2R-03 (2003). *Use of Fly Ash in Concrete*. Reported by ACI Committee 232, American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan 48333-9094
- Anonim (1991). SNI 03-2460-1991. *Tentang Spesifikasi Abu Terbang untuk Beton*. Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim (2002). SNI 03-6825-2002. *Tentang Metode Pengujian Kuat Tekan Mortar Semen Portland untuk Pekerjaan Sipil*. Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim (2002). SNI 03-6827-2002 *Tentang Metode Pengujian Waktu Ikat Awal Semen Portland dengan Menggunakan Alat Vicat untuk Pekerjaan Sipil*. Badan Standarisasi Nasional.

- ASTM C 618-93. "Standard Test Method for Fly Ash and Raw or calcined Natural Pozzolan for Use as a mineral Admixture in Portland Cement Concrete," American Society for Testing of Concrete's, 1991
- ASTM C270-10, 2010. *Standard Specification for Mortar for Unit Masonry*. ASTM International, 100 Barr Harbour Drive, PO Box c700, West Conshohocken, PA 19428 – 2959, United States.
- ASTM C618-12, 2012. *Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete*. ASTM International, 100 Barr Harbour Drive, PO Box c700, West Conshohocken, PA 19428 – 2959, United States.
- ASTM Standarts. 2002. ASTM 109/C 109M-02. *Standart Test Method for Compressive Strenght of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in or 50-mm Cube Specimens)*. ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM C 494 / C494M – 17 *Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete*.
- ASTM C 642-90. (1991) "Standard Test Method For Specific Gravity, Absorption, And Voids In Hardened Concrete" ASTM Standards ,USA
- ASTM C.33 - 03, (2002) "Standard Spesification For Concrete Aggregates", ASTM Standards ,USA.
- Davidovits, J. (1994). Properties of Geopolymer Cements. *First International Conference on Alkaline Cements and Concretes, October 1994*, 131–149.
- Davidovits, P. J. (2002). 30 Years of Successes and Failures in Geopolymer Applications . Market Trends and Potential Breakthroughs . *Geopolymer 2002 Conference*, 1–16.
- Hardjito, D., & Rangan, B. V. (2005). Development and Properties of Low-calcium Fly Ash Based Geopolymer LOW-CALCIUM FLY ASH-BASED GEOPOLYMER CONCRETE By Faculty of Engineering Curtin University of Technology. *Australia : University of Technology Perth, January*, 48.
- Lloyd, N. A., & Rangan, B. V. (2010). Geopolymer concrete with fly ash. *2nd International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies*, 7, 1493–1504.
- Mulyono, Tri. 2004. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.
- Sugiyono. 2006. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Veliyati. (2010). Pengaruh Faktor Air Terhadap Kuat Tekan Dan Workability Fly Ash Based Geopolymer Mortar. *Skripsi*. Solo: Universitas Seblas Maret.
- Yusnar, C., Ruhana, R., & Sulaiman, Y. H. (2017). Mechanical Properties Beton Agropolimer Abu Sekam Padi Dengan Aktivator Sodium Silikat Dan Sodium Hidroksida. *Inersia, Jurnal Teknik Sipil*, 9(2), 23-32.