

ANALISIS KUAT TEKAN DAN POROSITAS MORTAR GEOPOLIMER MENGGUNAKAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI *FLY ASH* PADA MOLARITAS 8 MOLAR

Devi Maria Simanjuntak

Program Studi S1 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

devimaria.20084@mhs.unesa.ac.id

Arie Wardhono

Dosen S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

ariewardhono@unesa.ac.id

ABSTRAK

Produksi semen yang dilakukan secara terus-menerus berpotensi menghasilkan emisi CO₂ dan polusi partikulat yang berdampak buruk untuk menurunkan kualitas udara. Sehingga dibutuhkan alternatif penggunaan semen pada kegiatan konstruksi. Geopolimer menjadi salah satu alternatif yang dapat digunakan. Geopolimer menggunakan abu sekam padi (ASP) sebagai bahan substitusi *fly ash* (FA) digunakan untuk pengganti semen merupakan pokok pembahasan penelitian ini. Adapun maksud dari penelitian ini untuk mengetahui bagaimana kuat tekan, porositas, dan berapa perbandingan komposisi terbaik pada mortar geopolimer menggunakan abu sekam padi sebagai bahan substitusi *fly ash* pada molaritas 8 molar. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen menggunakan sampel benda uji mortar berukuran 5 x 5 x 5 cm³. Benda uji sebanyak 12 variasi *mix design* yang terdiri dari rasio pemakaian abu sekam padi (ASP) 0%,5%,10%,15%,20%, dan 25% terhadap *fly ash* (FA) dengan perlakuan menggunakan suhu ruang dan suhu oven. Perbandingan komposisi kadar solid aktivator yang dipakai W/S = 1,475 dan SS/SH 8 molar = 4. Hasil yang ditunjukkan, pada usia benda uji 28 hari nilai kuat tekan optimum, porositas terkecil dan perbandingan komposisi terbaik didapatkan pada benda uji dengan rasio abu sekam padi (ASP) 20% terhadap *fly ash* (FA). Nilai kuat tekan optimum dan porositas terkecil yang didapatkan dengan perlakuan menggunakan suhu ruang sebesar 3,6 MPa dengan porositas 10,64% dan suhu oven sebesar 3,8 MPa dengan porositas 11,51%. Peningkatan substitusi abu sekam padi (ASP) terhadap *fly ash* (FA) semakin memperbesar nilai kuat tekan dan memperkecil nilai porositas benda uji.

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

ABSTRACT

Continuous cement manufacture has the potential to cause particle pollution and CO₂ emissions, both of which are harmful to air quality. As a result, there needs to be a cement substitute used in construction. One of the alternatives that can be used is geopolimer. The focus of this study is the use of rice husk ash in place of fly ash, which is used to replace cement. The purpose of this study is to determine the compressive strength, porosity, and optimal composition ratio in a geopolimer mortar containing 8 molarity rice husk ash as a fly ash substitute. An experimental research methodology using a sample of a mortar test object was used. A sample of a mortar test object of 5 x 5 x 5 cm³ as part of the experimental research methodology. The test subjects were 12 variations of

the mix design with rice husk ash ratios of 0%, 5%, 10%, 11%, 20%, and 25% to fly ash with treatment utilizing room and oven temperatures. Comparison of the solid activator levels' compositions W/S = 1.475, and SS/SH = 4. After 28 days, the test item with a 20% RHA to fly ash ratio had the best composition ratio, the smallest porosity, and the highest compressive strength value. 3.6 MPa at room temperature with a porosity of 10.64% and 3.8 MPa in an oven with a porosity of 11.51%. The compressive strength value of the test object is further increased while the porosity value is decreased as fly ash replaces more rice husk ash.

Key Word: *geopolymer, compressive strength, porosity, fly ash, rice husk ash.*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sebagai salah satu negara dengan kepulauan yang banyak, penduduk Indonesia bermukim dan tersebar disekitar pulau. Infrastruktur memiliki peran yang penting untuk koneksi antar pulau. Karena perluasan infrastruktur dapat menghasilkan ekspansi pertumbuhan ekonomi yang lebih luas.

Bahan konstruksi utama yang masih digunakan saat ini untuk pembangunan infrastruktur adalah beton konvensional. Kualitas yang dapat dirancang, aksesibilitas beton, dan pengembangan teknologi beton semuanya berkontribusi pada kinerja yang lebih tinggi.

Beton dan penggunaan semen berjalan beriringan. Semen, agregat halus, agregat kasar, air, dan berbagai aditif adalah komponen utama beton (Didik, Mabui, and Raidyarto n.d.). Kegiatan konstruksi yang terus berjalan sejalan dengan penggunaan semen pada beton yang semakin meningkat. Sementara itu, peningkatan produksi semen berdampak buruk terhadap lingkungan.

Salah satu faktor yang berkontribusi terhadap masalah lingkungan dengan gangguan pernapasan adalah polusi udara. Materi partikulat yang ditemukan di sekitar operasi industri seperti pabrik semen, adalah salah satu tanda kualitas udara yang buruk. Sumber polusi udara kedua terbesar di China berasal dari pabrik semen yang menghasilkan 15% emisi CO₂ dan 14% polusi partikel. Selain itu, beberapa fasilitas manufaktur semen terus membakar

batu bara sebagai bahan bakar, yang mengakibatkan emisi polutan berbahaya seperti silika, logam berat, dan bahan kimia beracun lainnya (Rauf et al. 2021).

Berdasarkan dampak buruk yang ditimbulkan, semen dapat diganti dengan bahan lain yang ramah lingkungan. Beton geopolimer menjadi salah satu alternatifnya. Geopolimer adalah zat organik atau anorganik yang dibuat melalui proses polimerisasi. Davidovits menciptakan kata “geopolimer” pada tahun 1978 untuk menggambarkan mineral polimer yang diciptakan oleh geokimia. Versi anorganik dari alumina (Al) - silika (Si) yang dikenal sebagai geopolimer dibuat dengan mensintesis bahan dengan konsentrasi silika (Si) dan alumina (Al) yang tinggi dari alam atau dari produk sampingan industri (Manuahe, R et al, 2014) dalam (Adi, Burhanuddin, and Darwis 2018).

Menurut penelitian sebelumnya, abu sekam padi memiliki konsentrasi silika (Si) dan alumina (Al) yang tinggi (Widyananto, Alami, and Setyani 2017). Sisa pembakaran batu bara menghasilkan *fly ash* dengan komposisi utama Silika (SiO₂) dan alumina (Al₂O₃) (Setiawati 2018). Kedua material ini dapat menggantikan semen yang ramah lingkungan.

Penelitian ini akan membahas mortar geopolimer menggunakan abu sekam padi sebagai bahan substitusi *fly ash* untuk menggantikan semen. Rasio penggunaan abu sekam padi divariasikan sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% terhadap *fly ash* dengan perlakuan menggunakan suhu ruang dan suhu oven.

1.2. Rumusan Masalah

Ditinjau dari pemaparan latar belakang tersebut maka dirancang rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah kuat tekan mortar geopolimer menggunakan abu sekam padi (ASP) sebagai bahan substitusi *fly ash* pada molaritas 8 M?
2. Bagaimanakah porositas mortar geopolimer menggunakan abu sekam padi (ASP) sebagai bahan substitusi *fly ash* pada molaritas 8 M?
3. Berapakah perbandingan komposisi atau *mix design* yang terbaik pada mortar geopolimer menggunakan abu sekam padi (ASP) sebagai bahan substitusi *fly ash* terhadap kuat tekan dan porositas mortar geopolimer pada molaritas 8 M?

1.3. Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang sudah ditetapkan, diharapkan nantinya penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Memberikan informasi mengenai kuat tekan mortar geopolimer menggunakan abu sekam padi (ASP) sebagai bahan substitusi *fly ash* pada molaritas 8M.
2. Memberikan informasi mengenai porositas mortar geopolimer menggunakan abu sekam padi (ASP) sebagai bahan substitusi *fly ash* pada molaritas 8M.
3. Memberikan informasi mengenai komposisi atau *mix design* yang terbaik pada mortar geopolimer menggunakan abu sekam padi (ASP) sebagai bahan substitusi *fly ash* terhadap kuat tekan dan porositas mortar geopolimer pada molaritas 8 M.

1.4. Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki batasan-batasan mengenai hal yang dibahas di dalamnya, diantaranya adalah:

1. Sodium Hidroksida (SH) 8 molar dan Sodium Silikat sebagai larutan alkali aktivator.
2. Material yang digunakan *fly ash* tipe F berasal dari Petrokimia Gresik dan abu sekam padi berasal dari Tuban, Jawa Timur.
3. Benda uji berbentuk mortar berukuran 5 x 5 x 5 cm³ dengan 12 variasi *mix design*.

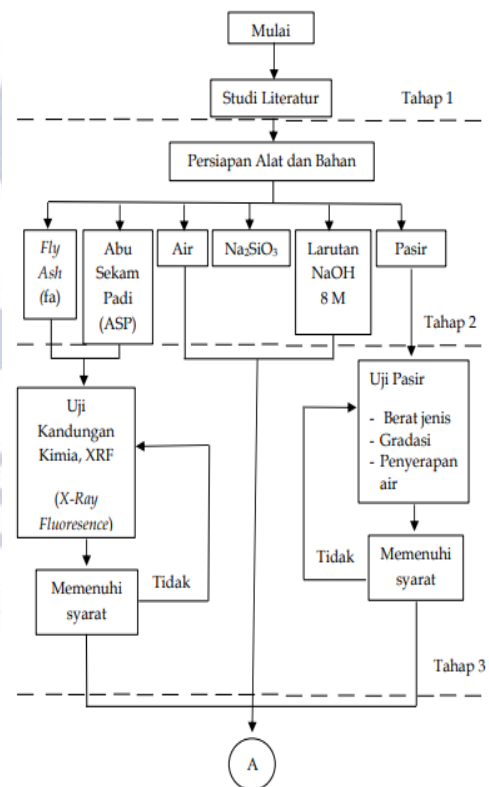
2. METODE

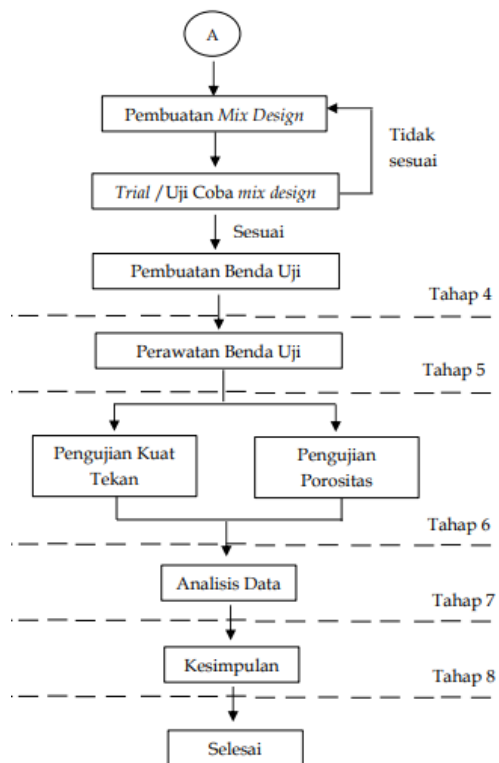
2.1. Rancangan Penelitian

Metode penelitian eksperimental digunakan dalam penelitian ini. Penelitian eksperimental adalah metode yang bertujuan untuk menyelidiki efek berdasarkan perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam keadaan terkontrol (Suryana 2012).

Penelitian dilakukan di Laboratorium Beton Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya. Penggunaan rasio antara Sodium Silikat dan Sodium Hidroksida (SS/SH) 8 Molar = 4 dan perbandingan komposisi kadar solid aktivator yang dipakai W/S= 1,475.

Skema rancangan penelitian yang dilakukan disajikan pada **Gambar 1** berikut.





Gambar 1. Skema rancangan penelitian

2.2. Populasi dan Sampel

Populasi dari penelitian ini adalah data kuat tekan porositas dari benda uji.

Sampel penelitian terdiri dari 5 mortar kubus geopolimer berukuran $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$ setiap *mix design* untuk 12 variasi *mix design* yang direncanakan.

2.3. Variabel

Variabel yang menjadi pedoman penelitian ini dapat ditinjau berdasarkan variabel terikat, bebas, dan kontrol.

1. Variabel terikat

Variabel terikat yang ditentukan pada penelitian ini diantaranya:

- Data uji kuat tekan
- Data uji porositas

2. Variabel bebas

Variabel bebas yang ditentukan pada penelitian ini adalah rasio peningkatan abu sekam terhadap *fly ash*.

3. Variabel kontrol

Variabel kontrol yang ditentukan pada penelitian ini diantaranya:

- Rasio SS/SH = 4
- W/S = 1,475
- Molaritas Sodium Hidroksida 8 molar
- Sodium Silikat (Na_2SiO_3)
- Abu sekam padi (*Rice Husk Ash*)
- Abu terbang (*Fly Ash*)
- Pasir
- Air

2.4. Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian pada dasarnya adalah peralatan yang digunakan untuk mengumpulkan data. Susunan instrument penelitian harus konsistens dengan teori yang digunakan dalam penelitian agar dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Sehingga kerangka teoritis harus dipilih dengan mempertimbangkan kialitas data variabel penelitian yang akan dianalisis (Sukendra 2017). Instrumen penelitian pada pembahasan ini adalah:

- Data uji kuat tekan
- Data uji porositas

2.5. Metode Pengumpulan Data

Observasi langsung adalah metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini, diantaranya adalah:

- Data uji kuat tekan
- Data uji porositas
- Vicat
- Dokumentasi

2.6. Teknik Analisis Data

Metode analisis menggunakan metode eksperimental, dan hasilnya disajikan sebagai data kuantitatif yang dimana kemudian ditampilkan bentuk grafik. Data yang dibahas adalah:

1. Data Kuat Tekan

Berdasarkan SNI 03-6825-2002 kuat tekan dirumuskan sebagai berikut:

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

keterangan:

σ = Kuat tekan mortar (MPa)

P = Beban desak maksimum (N)

A = Luas permukaan benda uji (mm²)

2. Data Uji Porositas

Berdasarkan ASTM C 642-97 dirumuskan untuk mencari data uji porositas sebagai berikut:

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

keterangan:

B = Berat SSD (gram)

A = Berat

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pengujian Material

Pengujian material pada penelitian ini dilakukan pada material pasir, abu sekam padi, dan *fly ash*.

a) Pasir

Berat jenis, penyerapan air, dan *Finess Modulus* (FM) merupakan parameter pengujian material pasir yang digunakan. Berikut hasil uji pasir disajikan pada **Tabel 1** dengan standar SNI yang digunakan sebagai acuannya.

Tabel 1. Hasil uji pasir

Uraian	Hasil	Standar SNI
Berat jenis	2,78 gram/ cm ³	SNI 1970: 2008
Penyerapan air	1,63 %	SNI 1970: 2008
<i>Finess Modulus</i> (FM)	2,05 %	SNI T-15-1990-03

Berdasarkan parameter hasil pengujian, pasir memenuhi standar SNI.

b) Abu Sekam Padi (*Rice Husk Ash*)

Abu sekam padi pada penelitian ini berasal dari Tuban, Jawa Timur. Kandungan kimia yang berada pada abu sekam padi diketahui melalui proses pengujian XRF (*X-Ray Fluoresence*) dengan

kandungan tertinggi yaitu Si sebesar 80,1 %. **Tabel 2** menyajikan hasil uji XRF abu sekam padi.

Tabel 2. Hasil uji XRF abu sekam padi

No	Kandungan Kimia	Unit (%)
1	Si	80,1
2	K	10,4
3	Ca	5,60
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

Sumber: Laboratorium Mineral dan Material Maju FMIPA UM

c) *Fly Ash* (Abu Terbang)

Fly ash pada penelitian ini berasal dari Petrokimia Gresik, Jawa Timur. Kandungan kimia yang berada pada *fly ash* diketahui melalui proses pengujian XRF (*X-Ray Fluoresence*). **Tabel 3** menyajikan hasil uji XRF *fly ash*.

Tabel 3. Hasil uji XRF *fly ash*

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

Sumber: PT.Sucofindo Analytical dan Testing Laboratories

Menurut deskripsi metode XRF tentang komposisi kimia, kandungan $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 > 70\%$, *fly ash* diklasifikasikan sebagai kelas F sesuai pedoman ASTM C 618.

3.2. Mix Design

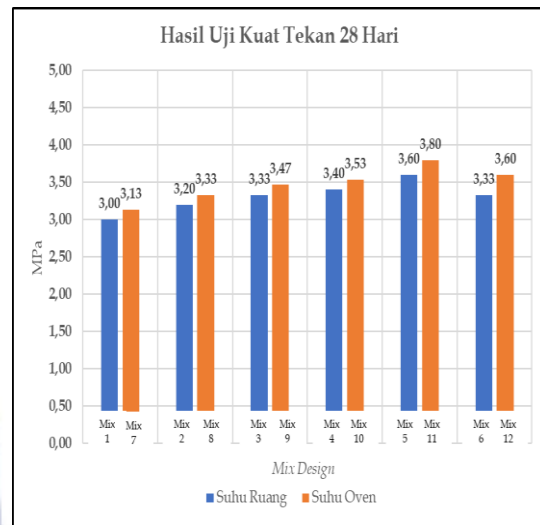
Mix design yang menjadi acuan pembahasan penelitian ini disajikan pada **Tabel. 4**.

Tabel 4. Mix design kondisi SS/SH=4 dan W/S=1,475

Mix Design						
Kondisi SS/SH 8 Molar= 4 dan W/S= 1,475						
Mix Design	Abu Sekam Padi	Fly Ash	Pasir	Sodium Hidroksida (SH)	Sodium Silikat (SS)	Air
Suhu Ruang						
1	0	1	2,75	0,1	0,4	1,5
2	0,05	0,95	2,75	0,1	0,4	1,5
3	0,1	0,9	2,75	0,1	0,4	1,5
4	0,15	0,85	2,75	0,1	0,4	1,5
5	0,2	0,8	2,75	0,1	0,4	1,5
6	0,25	0,75	2,75	0,1	0,4	1,5
Suhu Oven						
7	0	1	2,75	0,1	0,4	1,5
8	0,05	0,95	2,75	0,1	0,4	1,5
9	0,1	0,9	2,75	0,1	0,4	1,5
10	0,15	0,85	2,75	0,1	0,4	1,5
11	0,2	0,8	2,75	0,1	0,4	1,5
12	0,25	0,75	2,75	0,1	0,4	1,5

3.3. Analisa Hubungan Kuat Tekan dan Usia Mortar

Analisa hubungan kuat tekan dan usia mortar disajikan pada grafik **Gambar 2**.



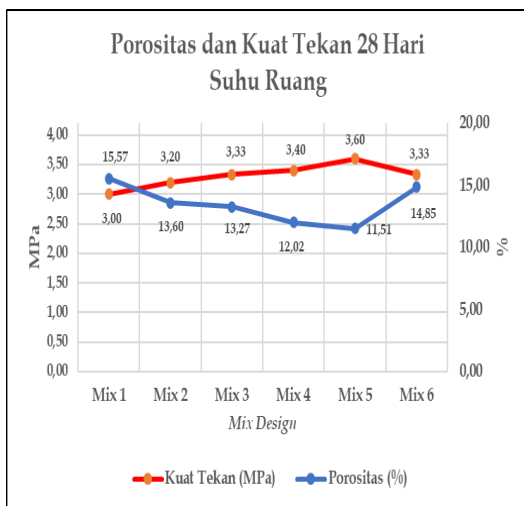
Gambar 2. Hasil uji kuat tekan 28 hari

Kuat tekan mortar pada substitusi abu sekam padi 0%,5%,10%,20% dan 25% terhadap *fly ash* dengan perlakuan suhu ruang sebesar 3 MPa, 3,2 MPa, 3,33 MPa, 3,4 MPa, 3,6 MPa, dan 3,33 MPa dengan perlakuan suhu oven sebesar 3,13 MPa, 3,33 MPa, 3,47 MPa, 3,53 MPa, 3,8 MPa, dan 3,6 MPa. Namun pada **Gambar 2** tidak ada perbedaan yang signifikan dalam hasil uji kuat tekan mortar geopolimer dengan perlakuan suhu ruang dan oven.

Ketika benda uji berusia 28 hari dan dengan persentase abu sekam padi 20% pada suhu kamar maupun oven, kuat tekan optimum tercapai.

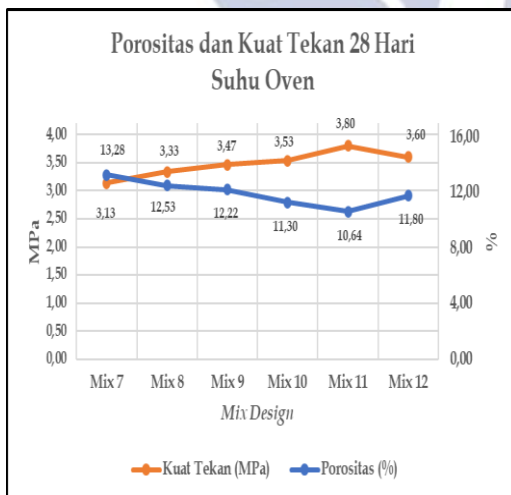
3.4. Analisa Hubungan Kuat Tekan dan Porositas

Tujuan dari uji porositas adalah untuk memastikan tingkat kepadatan yang dipengaruhi oleh kuantitas pori-pori pada benda uji. Grafik berikut menunjukkan hubungan antara porositas dan kuat tekan benda uji.



Gambar 3. Grafik kuat tekan dan porositas benda uji dengan perlakuan suhu ruang

Porositas mortar pada substitusi abu sekam padi 0%,5%,10%,20% dan 25% terhadap *fly ash* dengan perlakuan suhu ruang sebesar 15,57%, 13,6%, 13,27%, 12,02%, 11,51%, dan 14,85%. Besarnya nilai porositas pada suhu ruang mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya nilai kuat tekan seperti yang disajikan grafik **Gambar 3**.



Gambar 4. Grafik kuat tekan dan porositas benda uji dengan perlakuan suhu oven

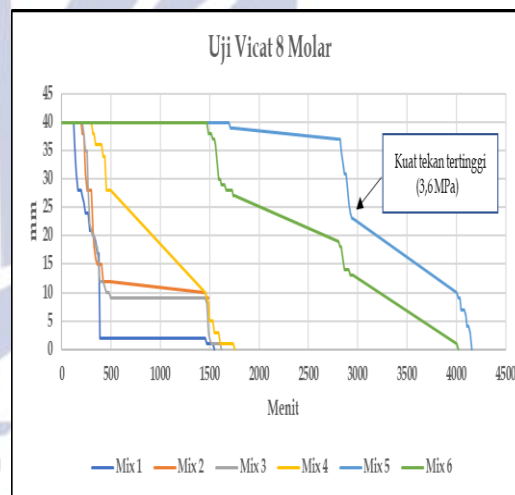
Porositas mortar pada substitusi abu sekam padi 0%,5%,10%,20% dan 25% terhadap *fly ash* dengan perlakuan suhu oven sebesar 13,28, 12,53%, 12,22%, 11,3%, 10,64% dan 11,80%. Besarnya nilai porositas

pada suhu oven mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya nilai kuat tekan seperti yang disajikan grafik **Gambar 4**.

Ditinjau dari **Gambar 3** dan **Gambar 4** menunjukkan hubungan antara peningkatan kuat tekan dan penurunan porositas. Dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai kuat tekan benda uji berbanding terbalik dengan hasil nilai uji porositas.

3.5. Kuat Tekan dan Vicat

Dalam penelitian ini, pengujian vicat dilakukan untuk memastikan perkiraan berapa lama waktu pengikatan pasta pada mortar akan berlangsung. Hasil vicat dalam penelitian ini akan bervariasi tergantung pada desain pencampuran. Berikut disajikan hasil vicat dalam bentuk grafik pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Hasil vicat mortar geopolimer 8 molar

Sesuai dengan grafik **Gambar 5**, waktu pengikatan pada pasta geopolimer akan membutuhkan waktu lebih lama karena jumlah abu sekam padi yang digunakan meningkat. Waktu pengikatan paling lama terjadi pada pasta mortar dengan persentase substitusi abu sekam padi terhadap *fly ash* sebesar 20% (mix 5) dengan lama waktu ikat awal ± 28 jam dan waktu ikat akhir ± 69 jam.

Kuat tekan tertinggi yang terjadi pada mix 5 dengan perlakuan suhu ruang. Ini terkait dengan kuat tekan mortar geopolimer meningkat seiring dengan

berkurangnya pori mortar. Dalam penelitian ini, diperlukan waktu pengikatan yang lebih lama untuk mendapatkan pori yang semakin mengecil. Hal ini disebabkan oleh waktu yang lebih lama dibutuhkan larutan aktivator bereaksi untuk menghasilkan kinerja yang lebih baik.

3.6. Analisis Hasil Penelitian dengan Jurnal Penelitian yang Terkait

“Penggunaan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Substitusi *Fly Ash* pada Mortar Geopolimer dengan NaOH 8 Molar Ditinjau dari Kuat Tekan dan Porositas” oleh Dimas Ferry Setiawan dan Arie Wardhono merupakan artikel penelitian yang akan dikaji. Secara garis besar, berikut disajikan **Tabel 5** perbedaan antara artikel yang dikaji dengan penelitian penulis.

Tabel 5. Perbandingan artikel yang dikaji dan penelitian penulis

Perbedaan	Artikel yang Dikaji	Penelitian Penulis
Benda Uji	Mortar 5x5x5 cm ³	Mortar 5x5x5 cm ³
Bahan Penyusun Utama	<i>Fly ash</i> tipe C, abu sekam padi, larutan aktivator dengan kombinasi dari SH 8M dan SS, pasir, dan air. Portland Cement pada <i>mix design</i> kontrol.	<i>Fly ash</i> tipe F, abu sekam padi, larutan aktivator dengan kombinasi dari SH 8M dan SS, pasir dan air
Kandungan Kimia Hasil Uji XRF	<i>Fly ash</i> Al 4,6%, Si 13,01%, Ca 24%, Fe 51,17%	<i>Fly ash</i> Al 24,86%, Si 44,49%, Ca 5,7%, Fe 17,06%
Rasio W/S dan SS/SH	W/S = 0,45 SS/SH = 1,5	W/S = 1,475 SS/SH = 4
Perlakuan suhu	Suhu ruang	Suhu ruang dan oven
Variasi abu sekam padi	0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, dan 12,5 %	0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%

Menurut penelitian penulis dan artikel yang dikaji, kuat tekan mortar geopolimer berbanding lurus dengan usia benda uji, sedangkan rasio penambahan abu sekam padi terhadap abu terbang mempengaruhi perbedaan dalam peningkatan besarnya nilai kuat tekan. Data artikel yang dikaji menunjukkan usia benda uji 28 hari pada mix design 8M II, 8M III, 8M IV dan 8M V sebesar 33,91 MPa, 35,74 MPa, 37,21 MPa, dan 39,41 MPa. Data pada penelitian penulis merujuk pada **Gambar 2** hasil uji kuat tekan 28 hari. Data dari kedua penelitian mendukung pernyataan tersebut. Kesimpulan ini dicapai setelah analisis hubungan antara kekuatan tekan dan usia benda uji.

Berdasarkan hasil analisis hubungan kuat tekan terhadap porositas, temuan penulis dan temuan artikel yang dikaji semuanya sepakat bahwa hasil uji nilai porositas mortar berbanding terbalik dengan nilai kuat tekan. Data artikel menunjukkan porositas usia benda uji 28 hari pada mix design 8M II, 8M III, 8MIV dan 8M V sebesar 14,75%, 13,62%, 12,05%, dan 11,54 %. Data pada penelitian penulis merujuk pada **Gambar 3** dan **Gambar 4**. Data dari kedua penelitian mendukung pernyataan tersebut.

Berdasarkan hasil vicat penelitian penulis dan artikel yang dikaji memiliki pendapat yang sama bahwa semakin bertambahnya kandungan abu sekam padi pada tiap variasi *mix design* menyebabkan bertambahnya waktu ikat pada pasta. Namun pada penelitian penulis waktu ikat yang dibutuhkan oleh pasta lebih tinggi dibandingkan dengan waktu ikat pasta pada artikel yang dikaji. Waktu ikat terlama pada artikel yang dikaji membutuhkan waktu sebesar 375 menit ($\pm$ 6jam) sedangkan waktu ikat terlama pada penelitian penulis membutuhkan waktu 4155 menit ($\pm$ 69 jam). Hal ini disebabkan oleh perbedaan komposisi kandungan kimia material pada artikel yang dikaji dan penelitian penulis berbeda. Artikel yang dikaji menggunakan *fly ash* tipe C sedangkan penelitian penulis menggunakan *fly ash* tipe F.

4. SIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan untuk menjawab rumusan masalah yang telah ditentukan sebelumnya diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Kuat tekan mortar geopolimer menggunakan abu sekam padi (ASP) sebagai bahan substitusi *fly ash* pada molaritas 8M mendapatkan nilai optimum pada usia pengujian 28 hari. Kuat tekan mortar pada substitusi abu sekam padi 0%,5%,10%,20% dan 25% terhadap *fly ash* dengan perlakuan suhu ruang sebesar 3 MPa, 3,2 MPa, 3,33 MPa, 3,4 MPa, 3,6 MPa dan 3,33 MPa. Kuat tekan mortar pada substitusi abu sekam padi 0%,5%,10%,20% dan 25% terhadap *fly ash* dengan perlakuan suhu oven sebesar 3,13 MPa, 3,33 MPa, 3,47 MPa, 3,53 MPa, 3,8 MPa dan 3,6 MPa. Kuat tekan optimum didapatkan pada komposisi dengan rasio substitusi 20% abu sekam padi terhadap *fly ash* sebesar 3,6 MPa dengan perlakuan suhu ruang dan 3,8 MPa dengan perlakuan suhu oven.
2. Porositas mortar pada substitusi abu sekam padi 0%,5%,10%,20% dan 25% terhadap *fly ash* dengan perlakuan suhu ruang sebesar 15,57%, 13,6%, 13,27%, 12,02%, 11,51%, dan 14,85%. Porositas mortar pada substitusi abu sekam padi 0%,5%,10%,20% dan 25% terhadap *fly ash* dengan perlakuan suhu oven sebesar 13,28, 12,53%, 12,22%, 11,3%, 10,64% dan 11,80%. Porositas mortar geopolimer menggunakan abu sekam padi (ASP) sebagai bahan substitusi *fly ash* pada molaritas 8M berbanding terbalik dengan hasil uji kuat tekan. Hal ini ditunjukkan bahwa dari hasil uji kuat tekan optimum dengan rasio substitusi 20% abu sekam padi terhadap *fly ash* memiliki porositas terkecil sebesar 10,64% pada perlakuan suhu ruang dan 11,51% dengan perlakuan suhu oven.
3. Perbandingan Komposisi terbaik pada mortar geopolimer menggunakan abu sekam padi (ASP)

sebagai bahan substitusi *fly ash* pada molaritas 8M didapatkan pada rasio substitusi 20% abu sekam padi terhadap *fly ash* dengan perlakuan mortar menggunakan suhu ruang maupun suhu oven.

5.SARAN

Saran yang didapatkan berdasarkan proses penelitian terhadap penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Adonan mortar harus di *mixing* sampai pada keadaan homogen.
2. Alat uji yang digunakan telah dikalibrasi dan dijamin berfungsi dengan baik agar menghasilkan data yang akurat.
3. Untuk penelitian selanjutnya agar lebih memperhatikan kandungan kimia dari material bahan penyusun geopolimer yang digunakan karena berpengaruh terhadap hasil penelitian yang didapatkan.

6.UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan rasa terima kasih yang tulus kepada semua yang telah mewujudkan penelitian ini dan telah memberikan dukungannya. Penulis mengucapkan rasa terimakasih kepada:

- 1.Drs. H. Soeparno, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya.
- 2.Prof. Dr. Erina Rahmadyanti, S.T., M.T. selaku Ketua Prodi S1 Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya.
- 3.Bapak Arie Wardhono, S.T., M.MT., MT., PhD selaku dosen pembimbing.
- 4.Rekan tim penelitian mortar geopolimer.

7.DAFTAR PUSTAKA

- Adi, Mul Muliadi, Burhanuddin Burhanuddin, dan Darwis. 2018. "Pengaruh Rasio Agregat Binder Terhadap Prilaku Mekanik Beton Geopolimer Dengan Campuran Abu Sekam Padi Dan Abu Ampas Tebu." *Teras Jurnal* 7(1): 163.
- ASTM C 618-93. "Standard Test Method for Fly Ash and Row or calcined Natural Pozzolan for use as a mineral Admixture in Portland Cemen Concrete", American Society for Testing of Concrete's,1991.
- ASTM C 642-97. "Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete",PA 19428-2959, United States.
- 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 Pekerja Sipil". Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. 2008. "Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus". Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Didik, Irianto, Suryamiharja S Mabui, dan Adri Raidyarto. *BETON*.
- Rauf, Annisa Utami et al. 2021. "Community Health Risk Assessment of Total Suspended Particulates near a Cement Plant in Maros Regency, Indonesia". *Journal of Health and Pollution* 11(30): 1–13.
- Setiawan, D. F, dan A Wardhono. 2011. "Penggunaan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Subtitusi Fly Ash pada Mortar Geopolimer Dengan NaOH 8 Molar Ditinjau Dari Kuat Tekan dan Porositas". Universitas Negeri Surabaya.
- Setiawati, Mira. 2018. "Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton." Seminar Nasional Sains dan Teknologi 17: 1–8. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/3556>.
- Sukendra, I Komang. I Kadek Surya Atmaja. 2017. "Journal Academia Instrumen Penelitian"
- Suryana. 2012. "Metodologi Penelitian : Metodologi Penelitian Model Praktis Penelitian Kuantitatif Dan Kualitatif." Universitas Pendidikan Indonesia: 1–243.
- Widyananto, Eksi, Nurmansyah Alami, and Yulis Setyani. 2017. "Analisa Kuat Tekan Mortar Geopolimer Berbahan Abu Sekam Padi Dan Kapur Padam." *The 6th University Research Colluquium*: 183–88.