

UJI PENGARUH KUAT TEKAN DAN POROSITAS PEMANFAATAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI SUBSTITUSI *FLY ASH* DENGAN KONDISI NaOH 12 MOLAR PADA MORTAR GEOPOLIMER

Wahyu Hudha Prasetya

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

wahyu.20101@mhs.unesa.ac.id

Arie Wardhono

Dosen S1-Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

ariewardhono@unesa.ac.id

ABSTRAK

Mortar geopolimer ialah mortar dengan material pengikat dimana secara sepenuhnya tidak mempergunakan semen sebagai pengikat. Pengganti semen yang digunakan diantaranya abu sekam padi selaku substitusi *fly ash* dengan alkali aktivator. Penggunaan metode didalam penelitian ini ialah dengan mempergunakan metode eksperimen, yakni pembuatan benda uji seperti kubus yang berukuran $50 \times 50 \times 50 \text{ mm}^3$ dengan 6 variasi *mix design* dengan 2 perlakuan berbeda yaitu pada suhu ruang dan suhu *oven*. Rasio yang digunakan (SS/SH 12 Molar) sebanyak 4 dengan kadar solid larutan aktivator (W/S) sebanyak 1,461 agar memperoleh hasil nilai angka rasio optimum menambahkan abu sekam padi atau dapat juga disebut *rice husk ash* pada abu terbang atau *fly ash* didalam mortar geopolimer. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh berbagai pengujian seperti uji kuat tekan, uji porositas, serta uji vicat pasta dari tiap *mix design* terhadap rasio abu sekam padi dan *fly ash* yang terjadi pada mortar geopolimer. Didapatkan hasil dari penelitian yang telah dilaksanakan, kesimpulannya bahwa pemakaian abu sekam padi dapat tingkatkan hasil uji kuat tekan mortar geopolimer. Kadar optimum abu sekam padi sebanyak 20% yaitu dalam *mix design* 11 dengan perlakuan suhu *oven*. Hal ini dapat ditunjukkan dari hasil uji kuat tekan terhadap *mix design* 11 mencapai nilai angka kuat tekan tertinggi sebesar 4,04 MPa dengan nilai porositas 11, 62%. Hasil ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan menggunakan 100% abu terbang dan rasio abu sekam padi dibawah 20% disebabkan karena adanya kandungan silika (Si) yang tinggi didalam abu sekam padi sebanyak 80,1% serta penggunaan sodium silikat selaku aktivator kandungan silika didalam abu sekam padi.

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

ABSTRACT

Geopolymer is a mortar with a binding material that completely doesn't use cement as a binder. The cement substitutes used include rice husk ash a substitute for fly ash with an alkaline activator. The metode that used in this study is experimental method, which is to make a test object in the form of a cube measuring $50 \times 50 \times 50 \text{ mm}^3$ with 6 variations of mix design with 2 different treatments, those are room temperature and oven temperature. The ratio uses (SS/SH 12 Molar) was 4 with a solid level of activator solution (W/S) of 1,461 in order to obtain the optimum ratio value of adding rice husk ash to fly ash in the geopolymer mortar. The purpose of this study is to determine the effect of compressive strength tests, porosity tests, and paste vicat tests of each mix design on the ratio of rice husk ash and fly ash that occurs in geopolymer mortars. From the results of the research that has been done,

it can be concluded that the use of rice husk ash can increase the results of the compressive strength test of geopolymer mortar. The optimum content of rice husk ash is 20% which is in mix design 11 with oven temperature treatment. This can be shown from the results of the compressive strength test on mix design 11 reaching the highest compressive strength value of 4,04 MPa with a porosity value of 11,62%. This result is higher when compared to using 100% fly ash and the ratio of rice husk ash below 20% is due to the high silica (Si) content in rice husk ash which reaches 80,1% and also the use of sodium silicate as an activator of silica content in rice husk ash.

Keywords: Mortar, Geopolymer, Rice Husk Ash, Fly Ash, Compressive Strength, Porosity.

PENDAHULUAN

Didalam Dunia Konstruksi ini tidak terlepas dari bahan beton dan mortar. Pemakaian bahan utama dari beton dan mortar adalah semen, oleh karena itu keberadaan semen sangat diperlukan didalam dunia konstruksi dan pemakaiannya akan terus alami peningkatan sejalan dengan waktu. Semen ialah material yang dipergunakan untuk membuat mortar selaku pelapis beton guna pembangunan infrastruktur, maka di tiap tahunnya produksi semen akan terus meningkat. Sejalan dengan adanya kenaikan industri pabrik semen untuk pemrosesan pembuatan semen ini akan menciptakan karbondioksida ke udara, perihal ini akan menyebabkan terjadinya pemanasan. Dalam tindakan preventif akan timbulnya kekhawatiran yang dapat membuat kerusakan pada lingkungan dan melakukan perbaikan permasalahan durabilitas terhadap bahan beton yang mempergunakan semen, sehingga dibutuhkan material yang lain selaku pengganti alternatif.

Material alternatif mineral alami sebagai pengganti semen yakni abu terbang atau disebut sebagai *fly ash*. Abu terbang ialah termasuk limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) dari sisa pembakaran batu bara yang memiliki potensi akan pencemaran lingkungan yang dikarenakan oleh adanya kandungan logam berat, perihal ini mengacu pada Peraturan Pemerintah (PP) No. 101 Tahun 2014. Pada tahun 2016, Indonesia ialah negara dengan penghasil batu bara yang jumlah produksinya menyentuh angka 218 juta ton. *Fly ash* digunakan

sebagai bahan pengganti semen karena memiliki kandungan silika (SiO_2) yang tinggi (Aryono. et al., 2020).

Teruntuk menghindari pencemaran lingkungan maka perlu dilakukannya pengelolaan limbah secara tepat akan hasil produksi. Dalam penanggulangan limbah *fly ash* salah satu cara paling baik yakni dengan cara mempergunakan *fly ash* untuk campuran mortar. Berdasar ASTM C-618 tahun 2015, *fly ash* sifatnya pozzolanik dikarenakan terdapat kandungan silika (SiO_2), kalsium oksida (CaO), aluminium oksida (Al_2O_3), magnesium oksida (MgO), besi oksida (Fe_2O_3), serta kandungan sulfat (SO_4) yang membuat *fly ash* bagus dipergunakan selaku alternatif pengganti semen kedalam campuran mortar. Kandungan kimia yang terdapat didalam *fly ash* yakni SiO_2 sebanyak 52%, CaO sebanyak 2,68%, Al_2O_3 sebanyak 31,86%, MgO sebanyak 4,66% serta Fe_2O_3 sebanyak 4,89% (Lloyd & Rangan, 2010).

Material alternatif mineral alami selanjutnya sebagai substitusi *fly ash* yaitu abu sekam padi. Di Indonesia limbah sekam padi terbilang tinggi karena negara ini disebut sebagai Negara Agraris, yang mana sebagian besar masyarakat Indonesia berlatar belakang sebagai petani yang melakukan penanaman padi. Hasil dari tanaman padi tersebut berupa beras dan limbah seperti kulit padi atau sekam padi. Sekam padi merupakan limbah yang kurang dimanfaatkan sehingga sangat disayangkan jika dibuang begitu saja. Dari tahapan menggiling gabah akan menghasilkan limbah seperti sekam padi sebanyak 16,3% - 28% (Nugraha dan Setiawati, 2006).

Kandungan kimia yang terdapat didalam padi abu sekam yakni SiO_2 sebanyak 72,8%, senyawa hilang pijar sebanyak 21,43%, CaO sebanyak 0,65%, Al_2O_3 sebesar 0,73%, dan Fe_2O_3 sebesar 0,32% (Bakri, 2009).

Kedua dari material alternatif mineral alami tersebut dikembangkan menjadi sebuah penelitian material pengganti semen yang harus dikombinasi dengan larutan aktivator seperti NaOH (Sodium Hidroksida) dan Na_2SiO_3 (Sodium Silikat) supaya terjadinya reaksi kimia yang membentuk ikatan polimer. Alkali aktivator yakni suatu zat atau unsur yang dapat sebabkan zat atau unsur yang lainnya mengalami reaksi. Pada pembuatan mortar geopolimer tersebut, penggunaan aktivatornya ialah dengan mempergunakan unsur alkali yang telah terhidrasi. Fungsi dari sodium hidroksida ini bertujuan dalam mereaksikan berbagai unsur Al dan Si yang terdapat didalam kandungan *fly ash* dan abu sekam padi maka dapat menciptakan ikatan polimer yang kuat, lalu fungsi dari sodium silikat ini teruntuk mempercepat terjadinya reaksi polimerisasi (Fitriani, 2010).

Mortar geopolimer didalam penelitian ini ialah mortar dengan bahan pengikat dengan material dasarnya *fly ash* dan abu sekam padi dikarenakan sangat tingginya kandungan silika dan aluminanya. *Fly ash* dan abu sekam padi yang digunakan diaktifkan dengan larutan alkali sebagai katalisatornya. Tujuan dari dilaksanakannya penelitian ini teruntuk memperoleh sumber baru pozzolan yang asalnya tidak hanya dari semen saja, tetapi asalnya dapat dari alam seperti zat buangan sebagai alternatif dalam pemakaian semen. Persoalan yang akan dilakukan pembahasan ialah berapa besaran komposisi campuran *fly ash* dan abu sekam padi serta alkali aktivator terhadap mortar geopolimer sehingga dapat meninjau bagaimana kuat tekan dan porositas yang diciptakan oleh mortar geopolimer. Pengaktifan geopolimer dengan natrium

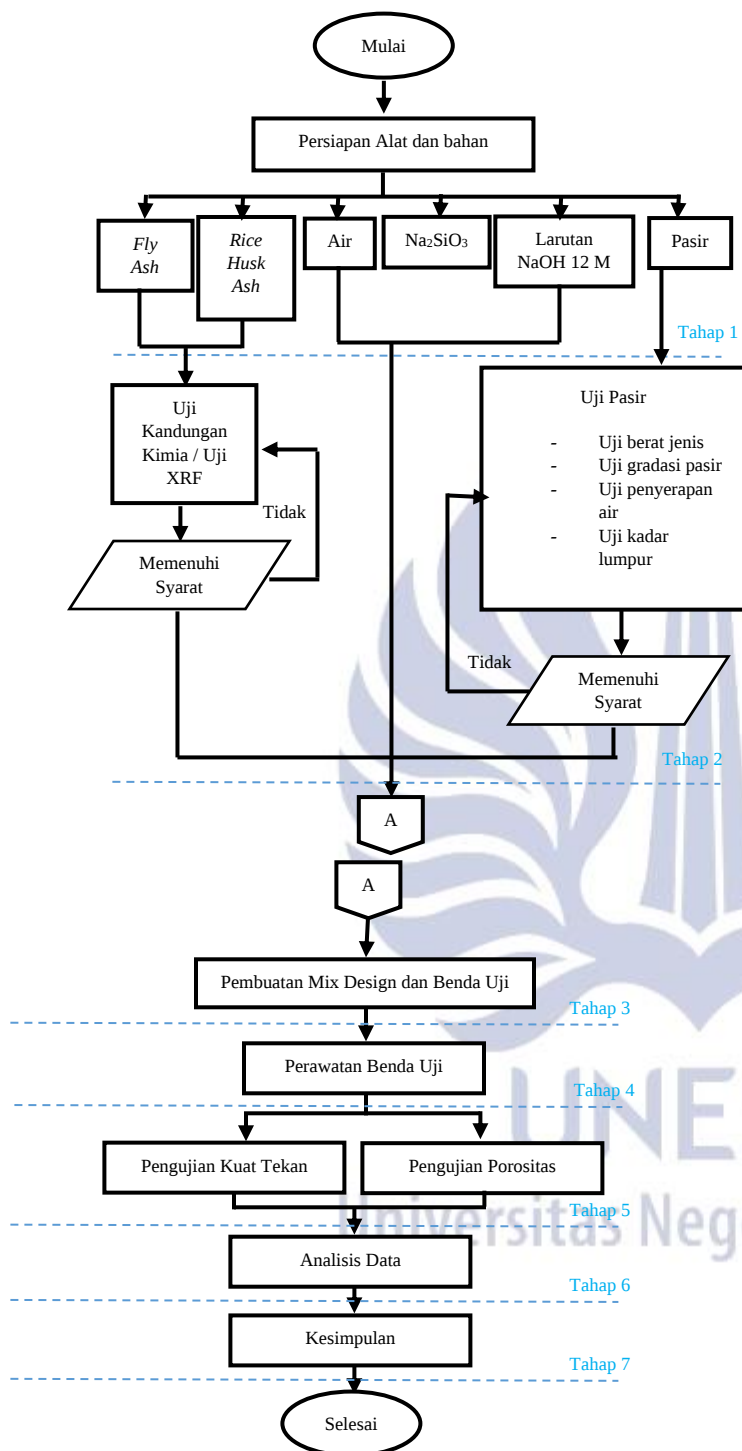
hidroksida (NaOH) sebesar 12 Molar dengan melakukan *curing* udara sesudah 28 hari dimana memperlihatkan hasil bahwa meningkatnya waktu *curing* dapat tingkatkan kekuatan tekan mortar geopolimer tersebut (Rangan et al., 2020).

METODE

Pada pelaksanaan penelitian ini agar tujuan dan harapan dapat tercapai, sehingga dilakukannya suatu metodologi. Penggunaan metode penelitian ini yakni suatu pedoman berbagai langkah penelitian akan suatu permasalahan, gejala, kasus ataupun peristiwa tertentu dengan cara yang ilmiah guna mendapatkan hasil jawaban yang rasional. Penelitian ini mempergunakan metode eksperimen yang dilaksanakan di laboratorium. Metode ini ialah metode yang dipergunakan pada penelitian dengan mencari pengaruh variabel tertentu pada variabel yang lain.

Penelitian dilaksanakan dengan melakukan eksperimen ini karena mempergunakan jurnal ilmiah dan berbagai penelitian yang telah dilakukan sebelumnya teruntuk dijadikan bahan referensi, lalu dilaksanakan pengembangan dengan membuat rancangan variasi rasio SS/SH 12 Molar sebanyak 4 dengan komposisi solid larutan aktivator (W/S) sebanyak 1,461 teruntuk memperoleh angka nilai rasio optimum menambahkan abu sekam padi pada *fly ash* dalam mortar geopolimer dengan pemakaian material dasarnya abu terbang, abu sekam padi, air, serta larutan aktivator seperti campuran sodium silikat dan sodium hidroksida. Penelitian ini diukur dengan hasil dari dilakukannya eksperimen yakni melakukan uji kuat tekan dan uji porositas pada mortar geopolimer.

Terdapat ancatan penelitian yang akan dilakukan seperti berikut ini dapat ditinjau didalam penjabaran diagram alir di bawah ini:



Gambar 1. Diagram Alir Rancangan Penelitian

1. Populasi dan Sampel

Populasi yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah hasil data dari hasil uji kuat

tekan dan porositas mortar geopolimer kubus dengan ukurannya 50 x 50 x 50 mm³, mempergunakan sampel dari keseluruhan populasi karena total seluruh populasinya bersifat data hasil pengujian yang dilaksanakan di Laboratorium. Sampel pada benda uji sebanyak 5 buah benda uji di tiap *mix design*. Jumlah keseluruhan *mix design* yakni 12 *mix design*.

2. Variabel dan Definisi Operasional

Pada penelitian ini ada 3 variabel penelitian, diantaranya:

- Variabel Bebas: variasi presentasi substitusi abu sekam padi terhadap *fly ash* (0 persen, 5 persen, 10 persen, 15 persen, 20 persen, serta 25 persen).
- Variabel Terikat : uji kuat tekan dan uji porositas mortar geopolimer.
- Variabel Kontrol pada penelitian ialah sebagai:

- Larutan NaOH / *Sodium Hidroksida* = 12 Molar
- Na₂SiO₃ / *Sodium Silikat*
- Perbandingan Na₂SiO₃/NaOH atau SS/SH = 4
- Water Solid Ratio* (W/S) = 1,461
- Fly Ash* dengan tipe F
- Abu Sekam Padi yang didapatkan dari Kabupaten Tuban, Jawa Timur.
- Air.
- Pasir Lumajang zona pasir 3.

Tabel 1. Rasio Gradasi Ayakan Pasir

Rasio Gradasi Ayakan Pasir		
Lolos Pada		Rasio
Ukuran Lubang Ayakan (mm)	Nomor Ayakan	
4,75	4	0,05
2,36	8	0,05
1,72	16	0,10
0,60	30	0,50
0,30	50	0,25
0,15	100	0,05

Tabel 2. Kebutuhan Gradasi Ayakan Pasir

Kebutuhan Gradasi Pasir Mix 1-12			
Lolos Pada		Rasio	Berat (Gram)
Ukuran Lubang Ayakan (mm)	Nomor Ayakan		
4,75	No 4	0,05	3363,04
2,36	No 8	0,05	3363,04
1,72	No 16	0,10	6726,08
0,60	No 30	0,50	33630,41
0,30	No 50	0,25	16815,20
0,15	No 100	0,05	33630,41

3. Instrument Penelitian

Penyusunan instrument penelitian berdasar pada unsur variabel penelitian yang akan ditelaah. Unsur variabel ini ialah berbagai faktor yang dapat memberi pengaruh pada metode yang akan dipergunakan. Berbagai variabel tersebut adanya pengertian operasionalnya, kemudian penentuan indikator yang akan dilakukan pengukuran. Berikut terdapat penjelasan terkait instrument penelitian yang dimaksud, dapat dijelaskan seperti di bawah ini:

a. Uji Kuat Tekan

Didalam pengujian ini mempergunakan alat mesin berupa *Universal Testing Machine* (UTM). Dilaksanakannya uji ini hingga didapat beban maksimumnya, berjumlah 5 buah benda uji di tiap *mix design*. Jumlah

total *mix design* 12 jenis *mix design*. Uji dilaksanakan ketika benda uji telah berusia 28 hari.

b. Uji Porositas

Pelaksanaan pengujian ini adalah untuk mengetahui berapa besaran pori yang ada di dalam benda uji mortar, yang mana besaran pori ini disebutkan kedalam satuan persen (%). Uji ini dilaksanakan ketika benda uji telah berusia 28 hari.

4. Teknik Pengumpulan Data

Dalam pelaksanaan pengumpulan data pada penelitian ini yakni penulis mempergunakan teknik pengumpulan data. Berbagai data ini akan dipergunakan untuk telaah penelitian. Pengumpulan data dilakukan dengan cara penggunaan metode pengamatan yang dilaksanakan secara langsung. Pengamatan ini dijalankan di Lab. Beton Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya (UNESA), kemudian dari hasil pengamatan secara langsung ini akan didapatkan data primer seperti:

- Ukuran dimensi dan volume bahan benda uji.
- Data uji kuat tekan terhadap benda uji.
- Data uji porositas terhadap benda uji.
- Dokumentasi seperti pengambilan foto dengan kamera.

5. Teknik Analisis Data

Penggunaan teknik dalam menganalisis hasil uji laboratorium yang telah dilakukan ialah dengan mempergunakan deskriptif kuantitatif. Teknik tersebut dilaksanakan dengan melakukan telaah data yang diperoleh dari hasil eksperimen. Hasil eksperimennya seperti data kuantitatif kedalam bentuk tabel kemudian akan digambarkan kedalam bentuk grafis.

Langkah yang selanjutnya yakni dengan melakukan deskripsi atau menjabarkan datanya kedalam kalimat yang dengan mudah dibaca dan dimengerti pembaca. Intinya ialah sebagai usaha

dalam memberikan jawaban terbaik persoalan yang dilakukan teliti (Sugiyono, 2007).

Tabel dan grafik yang telah dibuat tersebut lalu dilakukan analisis dan dijabarkan, maka didapatkan adanya suatu kaitan dari data tersebut. Berikut penjabaran terkait data yang dimaksud, yakni:

- a. Pengaruh Presentase Substitusi Abu Sekam Padi pada *Fly Ash* terhadap Kuat Tekan.

Mengacu pada SNI 03-1974-1990 dan ASTM C39, teruntuk memahami akan besaran kuat tekan maka dapat dipergunakan rumus seperti di bawah ini:

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

Penjelasan :

σ = Kuat Tekan (N/mm²)

P = Beban maksimal

A = Luas penampang benda uji (mm²)

- b. Pengaruh Presentase Substitusi Abu Sekam Padi pada *Fly Ash* terhadap Porositas Mortar

Teruntuk mengetahui porositas pada mortar maka dapat dipergunakan rumus berdasarkan standar ASTM C 642-97 yakni:

$$\text{Porositas} = \frac{B-A}{A} \times 100\%$$

Penjelasan:

A = Berat sampel kering oven (gr)

B = Berat sampel kondisi SSD (gr)

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Uji Material

- a. Agregat Halus

Penggunaan agregat halus dalam penelitian ini yaitu pasir beton yang didapatkan dari Lumajang. Pasir Lumajang yang dipergunakan akan dikeringkan dahulu di bawah sinar matahari hingga mengalami kering permukaan (SSD) setelah itu pasir siap untuk digunakan dalam campuran mortar geopolimer.

Tabel 3. Hasil Uji Agregat Halus

No.	Uraian	Pasir Lumajang	SNI
1.	Gradasi Kehalusan	Zona 3, FM = 2,05	FM = 1,50 – 3,80
2.	Berat Jenis	2,78 gr/cm ³	Min. 2,5 gr/cm ³
3.	Penyerapan Air	1,626 %	< 2%

- b. *Fly Ash*

Penggunaan *Fly ash* dalam pembuatan mortar geopolimer ialah *fly ash* tipe F. Pengujian XRF tujuannya teruntuk mengetahui komposisi kandungan kimia dan intensitas mineral utama dalam menyusun *fly ash*. Pelaksanaan uji ini di PT. Sucofindo Analytical dan Testing Laboratories Cabang Surabaya.

Tabel 4. Hasil Uji XRF *Fly Ash*

No.	Komponen Kimia	Unit
1.	SiO ₂	44,49 %
2.	Al ₂ O ₃	24,86 %
3.	Fe ₂ O ₃	17,06 %
4.	CaO	5,70 %
5.	MgO	2,41 %
6.	Na ₂ O	0,18 %
7.	K ₂ O	1,48 %
8.	TiO ₂	0,92 %
9.	MnO ₂	0,20 %
10.	Cr ₂ O ₃	0,01 %
11.	P ₂ O ₅	0,46 %
12.	SO ₃	1,91 %

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

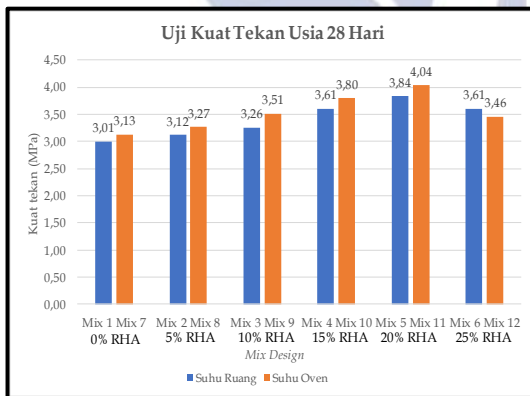
Pada penelitian ini, *rice husk ash* akan dilaksanakan pengujian XRF di Lab. Sentral Mineral dan Material Maju FMIPA Universitas Negeri Malang.

Tabel 5. Hasil Uji XRF Abu Sekam Padi

No.	Komponen 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 %

2. Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar Geopolimer

Hasil dari dilakukannya uji kuat tekan mortar geopolimer ini dapat dipergunakan teruntuk memahami mutu maupun kualitas dari benda uji mortar ini. Uji kuat tekan mortar geopolimer dilaksanakan di umur 28 hari. Hasil dari uji tersebut dapat ditinjau didalam **Gambar 2**.

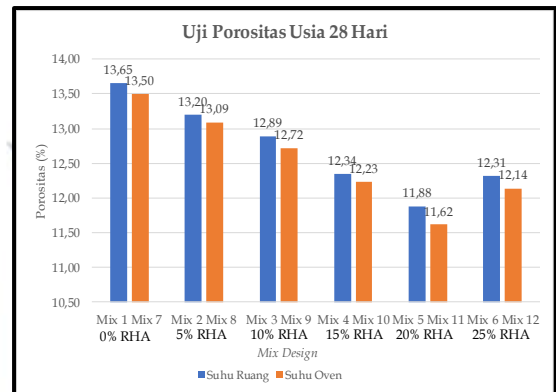


Gambar 2. Grafik Hasil Uji Kuat Tekan Mortar Geopolimer 12 Molar

Kuat tekan optimum mortar geopolimer diperoleh terhadap mix design 11 dengan substitusi abu sekam padi pada *fly ash* sebanyak 20% pada perlakuan suhu *oven*.

3. Hasil Uji Porositas Mortar Geopolimer

Hasil pengujian porositas mortar geopolimer dapat digunakan teruntuk mengetahui besaran presentase pori-pori mortar pada volume mortar padat. Uji porositas mortar geopolimer dilaksanakan ketika berumur 28 hari. Hasil dari uji tersebut dapat ditinjau didalam **Gambar 3**.

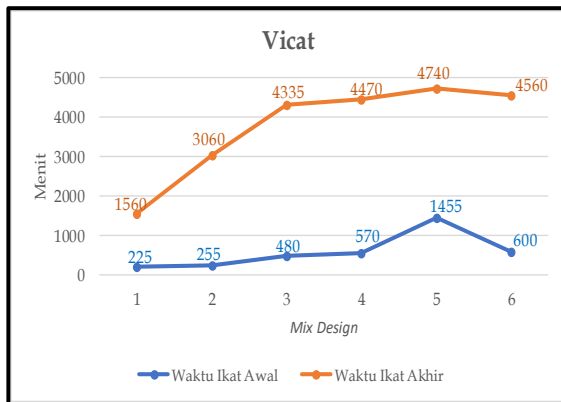


Gambar 3. Grafik Hasil Porositas Mortar Geopolimer 12 Molar

Didapatkan hasil dari uji porositas yang telah disajikan didalam **Gambar 3** tersebut memperlihatkan bahwa porositas mortar paling tinggi di usia 28 hari diperoleh pada *mix design* 1 yakni mortar geopolimer normal tanpa menggunakan substitusi abu sekam padi terhadap *fly ash* dengan perlakuan suhu ruang. Lalu paling rendah yakni dalam *mix design* 11 dengan rasio substitusi abu sekam padi pada *fly ash* 20% sebanyak 11,62%.

4. Hasil pengujian Vicat (*Setting Time*) Pasta Geopolimer

Hasil dari tes vicat menunjukkan teruntuk mix design 1, 2, 3, 4, 5, dan 6 menunjukkan bahwa waktu ikat awal perlihatkan >225 menit dan waktu ikat akhir perlihatkan >1560 menit. Berikut terdapat penjabaran dari grafik hasil waktu ikat awal dan akhi tipe pasta geopolimer yang menyeluruh terhadap pengujian vicat.



Gambar 4. Grafik Waktu Ikut Awal dan Akhir Uji Vicat

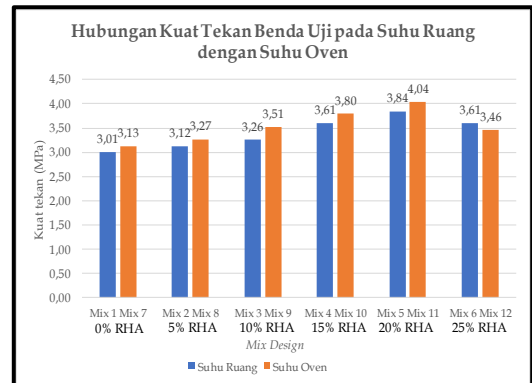
5. Pembahasan

Pembahasan pada hasil penelitian dapat dilaksanakan dengan melakukan analisis kuat tekan mortar geopolimer yang optimal yakni ketika benda uji mortar geopolimer telah berumur 28 hari. Kuat tekan yakni besaran maksimal yang dihasilkan persatuan luas, sehingga dapat sebabkan beda uji tersebut hancur jika diberikan beban dengan gaya tekan tertentu. Didalam penelitian ini berfokus terhadap hasil kuat tekan benda uji, sehingga dapat dilaksanakan analisis kuat tekan dan umur mortar, analisis kaitan tekan dan porositas dan analisis kaitan kuat tekan dan vicat.

a. Analisa Hubungan Kuat Tekan dan Umur Mortar Geopolimer

Penelitian ini mempergunakan uji kuat tekan ketika benda uji telah berusia 28 hari. Tujuan dari dilakukannya analisis ini teruntuk mengetahui bahwa usia benda uji mempunyai dampak pada kuat tekan mortar geopolimer. Mortar pada umumnya mempunyai kuat tekan yang optimal ketika berusia 28 hari, perihal ini disebabkan karena di usia tersebut kandungan mortal telah bereaksi sepenuhnya maka menciptakan kuat tekan yang tinggi daripada mortar ketika usia 7 hari dan 14 hari. Berikut di bawah ini

disajikan gambar kuat tekan usia 28 hari dalam diagram batang:

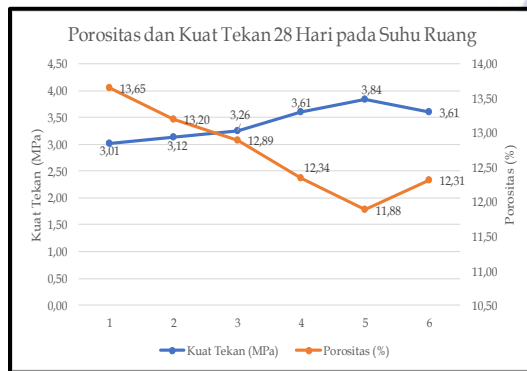


Gambar 5. Grafik Hubungan Kuat Tekan Benda Uji pada Suhu Ruang dan Suhu Oven.

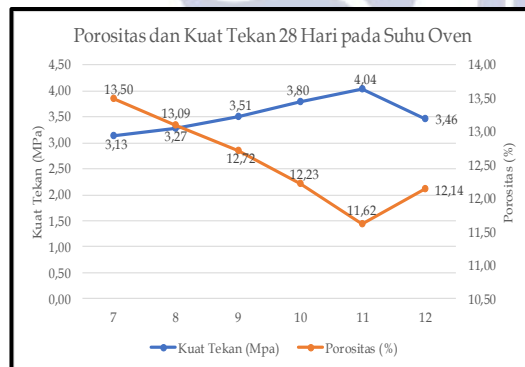
Berdasarkan **Gambar 5** menunjukkan bahwa perbandingan kuat tekan mortar geopolimer pada suhu ruang dan suhu oven. *Mix 1* dengan *mix 7* terhadap rasio substitusi abu sekam padi pada *fly ash* sebesar 0%. *Mix 2* dengan *mix 8* terhadap rasio substitusi abu sekam padi pada *fly ash* sebesar 5%. *Mix 3* dengan *mix 9* terhadap rasio substitusi abu sekam padi pada *fly ash* sebesar 10%. *Mix 4* dengan *mix 10* terhadap rasio substitusi abu sekam padi pada *fly ash* sebesar 15%. *Mix 5* dengan *mix 11* terhadap rasio substitusi abu sekam padi pada *fly ash* sebesar 20%. *Mix 6* dengan *mix 12* terhadap rasio substitusi abu sekam padi pada *fly ash* sebesar 25%. Pada suhu oven memberi hasil kuat tekan yang lebih baik daripada suhu ruang. Perihal tersebut 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, hasil dari perbandingan uji kuat tekan mortar geopolimer dengan metode suhu ruang dan suhu oven tidak memberikan perbedaan yang signifikan.

b. Analisa Hubungan Kuat Tekan dan Porositas

Pada penelitian ini dilaksanakan uji porositas tiap variasi *mix design* mortar geopolimer. Tujuan dari dilakukannya uji porositas ini teruntuk mengetahui tingkat kepadatan yang dikarenakan oleh besaran pori terhadap benda uji. Terdapat hubungan antara kuat tekan dan porositas terhadap benda uji yang dapat ditinjau didalam **Gambar 6 dan Gambar 7.**



Gambar 6. Grafik Hubungan Porositas dan Kuat Tekan Benda Uji pada Suhu Ruang



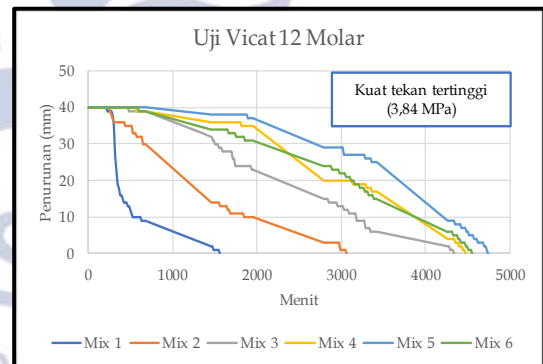
Gambar 7. Grafik Hubungan Porositas dan Kuat Tekan Benda Uji pada Suhu Oven
Berdasar pada hasil uji yang diperlihatkan di dalam **Gambar 6** dan **Gambar 7** ini dapat ditinjau bahwa nilai kuat tekan optimal diperoleh dalam *mix design* 11 dengan rasio substitusi Abu Sekam Padi pada *fly ash* sebanyak 20% mempunyai nilai kuat tekan sebanyak 4,04 MPa dengan nilai porositas sebanyak 11,62%. Hasil dari kuat tekan paling rendah didapatkan pada *mix*

design 1 dengan rasio substitusi Abu Sekam Padi terhadap *fly ash* 0% dengan mempunyai nilai kuat tekan sebanyak 3,01 MPa dengan porositas terbesar yakni 13,65%.

Di dalam **Gambar 6** dan **Gambar 7** menunjukkan grafik penurunan nilai porositas seiring meningkatnya nilai kuat tekan. Maka dapat diperoleh kesimpulan bahwa hasil nilai uji porositas mortar ini hasilnya berlawanan dengan hasil nilai kuat tekan benda uji.

c. Analisa Hubungan Kuat Tekan dan Vicat

Dilaksanakannya uji viscat pada penelitian ini bertujuan teruntuk mengetahui konsistensi normal pada mortal geopolimer teruntuk menentukan berapa lama ikatan yang akan terjadi. Masing dari *mix design* terhadap penelitian ini akan mempunyai hasil viscat yang berbeda-beda. Terdapat hasil uji viscat yang diperlihatkan didalam **Gambar 8** berikut:



Gambar 8. Hasil Uji Vicat 12 Molar

Berdasarkan pada **Gambar 8**, memperlihatkan semakin bertambahnya presentase penggunaan abu sekam padi, maka akan memperlambat waktu pengikatan pada pasta. Waktu pengikatan paling lama terjadi dalam *mix design* 5 yaitu dengan rasio substitusi abu sekam padi pada *fly ash* sebanyak 20% dengan lama waktu ikat awal

1455 menit atau ± 24 jam dan waktu ikat akhir 4740 menit atau ± 79 jam.

Kuat tekan tertinggi pada suhu ruang ditunjukkan terhadap *mix design* 5 dengan rasio substitusi abu sekam padi pada *fly ash* sebanyak 20%. Merujuk pada **Tabel 4.23** didapatkan hasil porositas terendah berada terhadap *mix design* 5. Perihal tersebut 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 lebih lama dalam memperoleh hasil yang lebih baik.

d. Analisa Hasil Kuat Tekan terhadap Penelitian yang Terkait pada Penelitian Sebelumnya

Jurnal dari Achmad Najib Lazuardi akan penelitiannya yang berjudul “Penggunaan Abu Sekam Padi sebagai Bahan Substitusi *Fly Ash* pada Mortar Geopolimer dengan NaOH 12 Molar ditinjau dari Kuat Tekan dan Porositas”. Tujuan dari dilakukannya penelitian tersebut teruntuk mengetahui dampak dari kuat tekan mortar geopolimer dengan penambahan substitusi Abu Sekam Padi terhadap *Fly Ash* kelas C.

Dalam penelitian penulis, ada perbedaan tipe *fly ash* dan komposisi kandungan kimia pada *fly ash* dengan jurnal penelitian sebelumnya. Dalam penelitian ini, penulis mempergunakan *fly ash* kelas F, sedangkan pada penelitian jurnal mempergunakan *fly ash* kelas C. Pada komposisi Si dan Al terhadap *fly ash* kelas F lebih tinggi daripada kelas C sehingga menyebabkan semakin tingginya hasil ikat akhir uji vicat

dikarenakan kandungan Si yang tinggi pada *fly ash*. Berdasarkan penelitian sebelumnya, pada pengujian porositas menunjukkan terjadi kenaikan nilai kuat tekan ketika terjadi bertambah kecilnya nilai porositas. Hal ini sama dengan hasil uji porositas pada penelitian penulis. Maka didapatkan kesimpulan bahwa hasil porositas mortar berlawanan dengan kuat tekan benda uji.

Berikut ini terdapat penjelasan akan tabel perbedaan penelitian sebelumnya dengan penelitian penulis:

Tabel 5. Perbedaan Penelitian Penulis dan Penelitian Terkait

No.	Perbedaan	Jurnal Sebelumnya	Jurnal Penulis
1.	Jenis Benda Uji	Mortar Geopolimer 50 x 50 x 50 mm ³	Mortar Geopolimer 50 x 50 x 50 mm ³
2.	Uji	Kuat Tekan dan Porositas Mortar Geopolimer	Kuat Tekan dan Porositas Mortar Geopolimer
3.	Bahan Penyusun	Abu Sekam Padi, <i>Fly Ash</i> kelas C, Sodium Silikat, NaOH 12 Molar	Abu Sekam Padi, <i>Fly Ash</i> kelas F, Sodium Silikat, NaOH 12 Molar
4.	Kandungan Kimia (Hasil Uji XRF)	<i>Fly Ash</i> : Fe 51.17%, Ca 24%, Si 13.1%, Al 4.6%	<i>Fly Ash</i> : 17.06%, Ca 5.70%, Si 44.49%, Al 24.86%
		RHA : Si 79.7%, K 10,8%, Ca	RHA : Si 80.1%, K 10.4%, Ca

		4.75%, Fe 1.77%	5.60%, Fe 2.21%
5.	Setting time pada hasil optimum	<i>Initial Time</i> : 135 menit <i>Final Time</i> : 315 menit	<i>Initial Time</i> : 1455 menit <i>Final Time</i> : 4740 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%

SIMPULAN

1. Pada penjelasan hasil dari penelitian yang telah dilaksanakan, pengaruh kadar optimum abu sekam padi dan *fly ash* pada kuat tekan dan porositas geopolimer adalah berbanding terbalik dengan hasil uji kuat tekan terhadap benda uji. Hal ini ditunjukkan bahwa hasil uji nilai porositas mengalami penurunan seiring meningkatnya hasil uji nilai kuat tekan benda uji. Terdapat hasil uji kuat tekan paling tinggi dengan porositas terendah di usia 28 hari yaitu terhadap *mix design* 11 dengan kuat tekan sebanyak 4,04 MPa dan hasil uji porositas sebanyak 11,62%.
2. Hasil uji kuat tekan optimum mortar geopolimer diperoleh dalam *mix design* 5 dan *mix design* 11 dengan rasio substitusi abu sekam padi pada *fly ash* sebanyak 20%. *Mix design* 5 dengan menggunakan perlakuan pada suhu ruang sedangkan *mix design* 11 dengan menggunakan perlakuan pada suhu oven. Didalam penelitian ini, pemakaian abu sekam padi selaku substitusi *fly ash* berpengaruh pada kenaikan nilai kuat tekan mortar geopolimer. Hal tersebut ditunjukkan oleh hasil kuat tekan yang alami kenaikan secara menerus sejalan dengan bertambahnya total rasio substitusi abu sekam

padi pada *fly ash*. Namun sesudah tergapainya hasil dari uji kuat tekan optimum yang terjadi pada *mix design* 5 dan *mix design* 11, nilai kuat tekan alami penurunan sejalan dengan adanya penambahan rasio substitusi abu sekam padi terhadap *fly ash*.

SARAN

1. Ketika tahapan mengaduk adonan mortar, harap dipastikan terlebih dahulu bahwa mortar tersebut sudah tercampur dengan homogen maka dapat meminimalisir terjadinya segregasi terhadap mortar geopolimer.
2. Ketika melakukan penjabaran terkait dengan data kuat tekan, baiknya dilaksanakan secara teliti dan hati-hati, serta perlu adanya perhatian akan penggunaan alat uji *Universal Testing Machine* yang sudah dilakukan kalibrasi, maka akan memperoleh data akurat.
3. Diperlukan adanya penelitian lebih lanjut tentang menambahkan abu sekam padi terhadap *fly ash* dengan memperhatikan kandungan kimia yang terjadi pada material penyusun mortar geopolimer.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti menghaturkan rasa terimakasih yang sebanyak-banyaknya pada berbagai pihak yang telah memberikan dukungan serta bantuannya kepada peneliti, maka penelitian ini dapat diselesaikan. Ucapan terima kasih terkhusus pada:

1. Bapak Drs. H. Soeparno, M.T. sebagai Ketua Jurusan Teknik Sipil;
2. Ibu Dr. Erina Rahmadyanti, S.T., M.T. sebagai koordinator skripsi Jurusan Teknik Sipil;
3. Bapak Arie Wardhono S.T., M.MT., M.T., Ph.D. sebagai dosen pembimbing.

DAFTAR PUSTAKA

Aryono., I., Budi, A. S., & Saifullah, H. A. (2020). Kapasitas Geser Balok Beton Bertulang Hvfa

- 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>
- 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.
- ASTM. (1997). *ASTM - C33 - Coarse Aggregate Size.pdf* (p. 7).
- Davidovits, J. (1994). Properties of Geopolymer Cements. *First International Conference on Alkaline Cements and Concretes, October 1994*, 131–149.
- 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.
- Rangan, P. R., Dendo, E. A. R., Bokko, J., & Mantirri, P. A. (2020). Mortar Geopolimer Abu Sekam Padi Berbahan Dasar Limbah Abu Batu Bara Hasil Pembakaran Asphalt Mixing Plant. *Journal Dynamic Saint*, 5(1), 927–938.
<https://doi.org/10.47178/dynamicsaint.v5i1.961>
- SNI 03-6882-2002. (2002). Spesifikasi Mortar untuk Pekerjaan Pasangan. SNI 03-6882-200. *Badan Standardisasi Nasional (BSN)*, 9(2), 1–10.
www.tekmira.esdm.go.id/kp/informasiPerta
- SNI-03-6825. (2002). Metode pengujian kekuatan tekan mortar semen Portland untuk pekerjaan sipil ICS 27.180 Badan Standardisasi Nasional.
- Sugiyono. 2006. Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D. Bandung: Alfabeta.
- Veliyati. (2010). *Veliyati Nim I 1106061 Terhadap Kuat Tekan Dan Workability Fly Ash Nim I 1106061*.