

## **PENGUNAAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI FLY ASH PADA MORTAR GEOPOLIMER DENGAN NaOH 10 MOLAR DITINJAU DARI KUAT TEKAN DAN POROSITAS**

**Cahya Boy Candra**

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

Alamat e-mail : [cahyacandra@mhs.unesa.ac.id](mailto:cahyacandra@mhs.unesa.ac.id)

**Arie Wardhono**

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

### **Abstrak**

Pada umumnya mortar geopolimer merupakan mortar yang bebas dari pemakaian PC sebagai pengikatnya, sehingga mortar geopolimer bisa dijadikan terobosan untuk menghentikan penggunaan PC. Penelitian dilakukan secara eksperimental, dikarenakan menggunakan jurnal ilmiah dan penelitian-penelitian terdahulu sebagai referensi, kemudian dilakukan pengembangan dengan merancang variasi rasio (SS/SH 10 Molar) sebesar 1.5 dengan kadar *solid* larutan *activator* (W/S) sebesar 0.45 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 *activator* berupa campuran dari sodium hidoroksida dan sodium silikat. Penelitian mengukur hasil dari eksperimen yang dibuat dengan uji kuat tekan serta uji porositas mortar kubus. Kadar optimum penggunaan *rice husk ash* sebagai bahan substitusi *fly ash* dengan rasio (W/S) sebesar 0.45, dan (SS/SH 10 Molar) sebesar 1.5, adalah sebesar 0% melainkan tanpa menggunakan *rice husk ash* sebagai bahan substitusi. Hal ini dikarenakan hasil penelitian kuat tekan yang nilainya paling tinggi adalah pada *mix design* 2 dengan persentase *fly ash* 100% sebesar 46.09 MPa, Serta dengan nilai porositas terkecil sebesar 11.66%. Adanya peningkatan substitusi *fly ash* menggunakan *rice husk ash* pada mortar geopolimer dengan rasio (W/S) sebesar 0.45, dan (SS/SH 10 Molar) sebesar 1.5, mengakibatkan menurunnya kuat tekan mortar. Nilai kuat tekan pada *mix design* 3 dan seterusnya mengalami penurunan secara terus-menerus sampai *mix design* terakhir dengan nilai kuat tekan *mix design* 2 sebesar 46.09 MPa, *mix design* 3 sebesar 38.05 MPa, *mix design* 4 sebesar 36.92 MPa, *mix design* 5 sebesar 36.7 MPa, *mix design* 6 sebesar 33.48 MPa, *mix design* 7 sebesar 26.3 MPa.

**Kata kunci:** Geopolimer, Fly Ash, Rice Husk Ash, Kuat Tekan, Porositas, Mortar.

### **Abstract**

*In general, geopolimer mortar is a mortar that is free from the use of a PC as a binder, so that geopolimer mortar can be used as a breakthrough to stop using the PC. The research was conducted experimentally, because it used scientific journals and previous studies as references, then developed by designing a variation of ratio (SS/SH 10 Molar) of 1.5 with a solid level of activator solution (W/S) of 0.45 to obtain the optimum ratio value addition of rice husk ash to fly ash on geopolimer mortar with fly ash, rice husk ash, water, and activator in the form of a mixture of sodium hydroxide and sodium silicate. The study measured the results of experiments made with compressive strength tests and porosity mortar cube tests. The optimum level of use of rice husk ash as a substitute for fly ash with a ratio (W/S) of 0.45, and (SS/SH 10 Molar) of 1.5, is 0% but without using rice husk ash as a substitute. This is because the results of the compressive strength research with the highest value are in mix design 2 with the percentage of fly ash 100% at 46.09 MPa, and with the smallest porosity value of 11.66%. The increase in substitution of fly ash using rice husk ash in geopolimer mortar with a ratio (W/S) of 0.45, and (SS/SH 10 Molar) of 1.5, resulting in a decrease in mortar compressive strength. The value of compressive strength in mix design 3 and so on decreases continuously until the last mix design with the value of mix design 2 compressive strength of 46.09 MPa, mix design 3 is 38.05 MPa, mix design 4 is 36.92 MPa, mix design 5 is 36.7 MPa, mix design 6 is 33.48 MPa, mix design 7 is 26.3 MPa.*

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

## PENDAHULUAN

Dunia konstruksi tidak akan lepas dari material beton dan mortar. Material utama dari beton dan mortar ialah *Ordinary Portland Cement* (PC), oleh sebab itu PC sangat dibutuhkan dalam dunia konstruksi dan penggunaannya akan terus meningkat seiring dengan waktu. Namun PC juga menimbulkan kekhawatiran lingkungan berupa konsumsi energi yang tinggi yang dibutuhkan untuk menambang, memproduksi, dan mengangkut semen; serta polusi udara terkait, termasuk pelepasan gas rumah kaca (misalnya, karbon dioksida), dioksin, SO<sub>2</sub>, dan partikulatnya.

Bahan alternatif mineral alami pengganti semen yaitu *fly ash* atau abu terbang. *Fly ash* adalah material yang sangat halus seperti debu, berasal dari sisa peleburan besi baja dan batu bara. *Fly ash* termasuk material pozolan karena mengandung silika (SiO<sub>2</sub>) besi oksida (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), aluminium oksida (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), kalsium oksida (CaO), magnesium oksida (MgO) dan sulfat (SO<sub>4</sub>). Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomer 18 tahun 1999 dan Peraturan Pemerintah Nomer 85 tahun 1999, *fly ash* diklasifikasikan sebagai limbah B-3 (Bahan Berbahaya dan Beracun). Sejumlah PLTU, seperti PLTU pacitan, Pangdaran, Sukabumi, dan produksi-produksi yang ada di daerah lain yang memakai batu bara sebagai bahan bakunya, dalam sehari mengeluarkan limbah abu terbang (*fly ash*) 200-1000 ton per hari. Tentunya limbah tersebut akan menjadi permasalahan dikemudian hari jika tidak dimanfaatkan, sehingga pemanfaatan abu terbang *fly ash* adalah upaya untuk mengurangi volume, konsentrasi, toksisitas, dan tingkat bahaya limbah yang keluar ke lingkungan, dengan cara memanfaatkan melalui cara-cara penggunaan kembali (*reuse*), daur ulang (*recycle*), serta *recovery*. Salah satu limbah adalah sebagai bahan tambah atau sebagai pengganti sebagian semen portland dalam campuran mortar. Komponen kimia yang terkandung pada *fly ash* yaitu SiO<sub>2</sub> sebesar 52 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebesar 31,86 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebesar 4,89 %, CaO sebesar 2,68 %, dan MgO sebesar 4,66 % (Rachmi, 2011).

Limbah sekam padi di Indonesia tergolong tinggi dikarenakan makanan pokok masyarakat Indonesia adalah nasi yang berasal dari padi, sekam padi merupakan limbah yang dihasilkan dari padi dengan persentase 20 % dari padi itu sendiri. Sekam padi yang dibakar dengan suhu 400°C-500°C akan menjadi *rice husk ash* dengan kandungan silika *amorphous* dan silika kristalin saat dipanaskan dengan suhu lebih dari 1000°C (Bakri, 2009). Komponen kimia yang paling dominan terkandung pada *rice husk ash* yang dihasilkan yaitu SiO<sub>2</sub> sebesar 72,28 %, senyawa hilang pijar sebesar 21,43 %, CaO sebesar 0,65 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,37 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,32 % (Bakri, 2009).

Kedua bahan alternatif mineral alami pengganti semen tadi harus dicampur dengan aktivator yaitu Sodium

Hidroksida (NaOH) dan Sodium Silikat (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) agar terjadi reaksi kimia yang membentuk ikatan polimer.

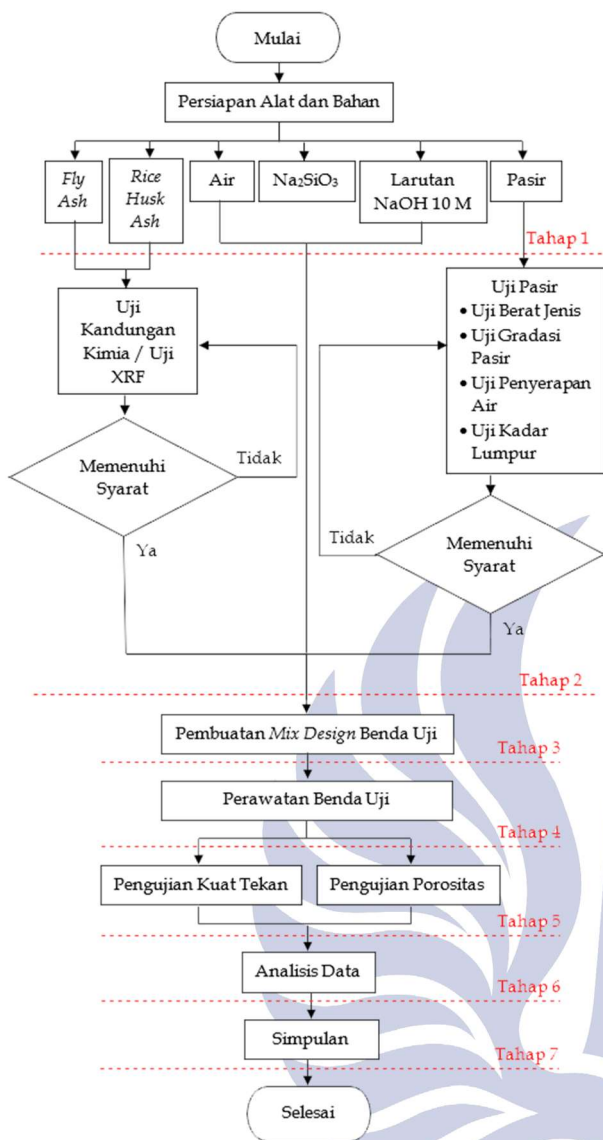
Pada era sekarang masih terus bermunculan inovasi-inovasi untuk mengurangi bahkan menggantikan PC, salah satunya ialah geopolimer. Geopolimer dihasilkan dari reaksi material yang mengandung sejumlah besar silika dan alumina dengan cairan alkali. Pada umumnya merupakan beton yang bebas dari pemakaian semen sebagai pengikatnya. Material ini telah banyak diteliti dan hasilnya menunjukkan bahwa beton geopolimer merupakan material yang lebih ramah lingkungan karena relatif sangat sedikit sekali energi yang dibutuhkan dalam prosesnya bila dibandingkan dengan PC. Sehingga mortar geopolimer bisa dijadikan terobosan untuk menghentikan penggunaan PC, dimana untuk bahan materialnya tidak menggunakan PC, melainkan menggunakan limbah yang tergolong melimpah.

## METODE

Metode penelitian pada dasarnya merupakan cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan tertentu. Cara ilmiah berarti kegiatan penelitian ini didasarkan pada ciri-ciri keilmuan, yaitu rasional, empiris, dan sistematis. Rasional berarti kegiatan penelitian ini dilakukan dengan cara-cara yang masuk akal sehingga terjangkau dengan penalaran manusia. Empiris berarti cara-cara yang dilakukan ini dapat diamati oleh indera manusia sehingga orang lain dapat mengetahui cara-cara yang digunakan. Sistematis artinya, proses yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan langkah-langkah tertentu yang bersifat logis (Sugiyono, 2009).

Penelitian dilakukan secara eksperimental, dikarenakan menggunakan jurnal ilmiah dan penelitian-penelitian terdahulu sebagai referensi, kemudian dilakukan pengembangan dengan merancang variasi rasio SS/SH 10 molar sebesar 1,5 dengan kadar solid larutan activator (W/S) sebesar 0.45 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 *activator* berupa campuran dari sodium hidrokksida dan sodium silikat. Penelitian mengukur hasil dari eksperimen yang dibuat dengan uji kuat tekan serta uji porositas mortar kubus.

Adapun rancangan penelitian yang akan dilaksanakan ialah dapat dilihat pada diagram alir berikut:



Gambar 1. Flowchart rancangan penelitian

## 1. Populasi dan Sampel

Pada penelitian ini populasi ialah data hasil uji kuat tekan mortar geopolimer kubus dengan ukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm. Adapun sampel dari penelitian ini menggunakan sampel dari semua populasi dikarenakan jumlah populasi bersifat data hasil pengujian di Laboratorium dengan sampel benda uji berjumlah 21 buah pada setiap *mix design* yang dibuat dengan total 147 buah benda uji dengan ukuran kubus 5 cm x 5 cm x 5 cm.

## 2. Variabel dan Definisi Operasional

Dalam penelitian ini variabel bebas yang berkaitan dengan masalah yang akan diteliti adalah persentase penambahan abu sekam padi (*rice husk ash*) terhadap abu terbang (*fly ash*). Sedangkan variabel terikat dalam penelitian ini adalah kuat tekan dan porositas mortar geopolimer. Untuk variabel kontrol adalah variabel yang dikendalikan dilihat konstan sehingga peneliti dapat melakukan penelitian yang sifatnya

membandingkan. Adapun yang bertindak sebagai variabel kontrol dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

### a. Larutan NaOH / Sodium Hidroksida = 10 Molar

Penelitian ini menggunakan aktivator bahan kimia yang dijual di PT. Brataco Jalan Tidar no 89 Surabaya yaitu, sodium hidroksida (NaOH) padat berbentuk serpihan dengan konsentrasi kemurnian 99% yang dimolarkan menggunakan aquades dengan molaritas 10 molar.

### b. Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> / Sodium Silikat cair

Sodium Silikat (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) menggunakan Sodium Silikat berbentuk cair dijual di PT. Brataco Jalan Tidar no 89 Surabaya.

### c. Perbandingan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>/ NaOH atau SS/SH = 1,5

Perbandingan rasio SS/SH menggunakan SS/SH = 1,5 yaitu rasio optimum aktivator yang diperoleh dari penelitian sebelumnya. Pada penelitian ini digunakan rasio SS/SH sebesar 0,561/0,3745 untuk sodium hidroksida 10 molar.

### d. Water solid ratio (W/S) = 4,5

Digunakan rasio W/S = 4,5 yang didapat dari penelitian sebelumnya, dimana nilai tersebut merupakan water solid ratio optimum pada penelitian sebelumnya.

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

Pada penelitian ini menggunakan abu terbang (*fly ash*) dari limbah hasil pembakaran batubara pada tungku PLTU di Paiton yang di dapat dari CV. Dwi Mitra Surya. Adapun *fly ash* yang digunakan merupakan *fly ash* kelas C

### f. Abu Sekam Padi

Abu sekam padi (*rice husk ash*) menggunakan limbah bahan bakar sekam padi dari hasil pembakaran pembuatan bata merah di salah satu tungku pembakaran bata merah di kabupaten Mojokerto. Bahan yang diambil berupa arang yang nantinya akan dibakar di Laboratorium Fakultas MIPA Unesa menggunakan tanur pembakaran dengan suhu 900°C.

### g. Air

Pada penelitian ini menggunakan aquades / air suling sebagai air, dikarenakan jika menggunakan air sumur atau PDAM dikhawatirkan ada kandungan-kandungan mineral yang akan berpengaruh pada benda uji. Aquades didapatkan dari toko yang menjual bahan kimia yaitu di PT. Brataco Jalan Tidar no 89 Surabaya.

### h. Pasir sebagai agregat halus

Agregat halus pada penelitian ini menggunakan pasir lumajang dengan rasio gradasi ayakan sebagai berikut:

**Tabel 1. Kebutuhan gradasi ayakan pasir**

Kebutuhan Gradasi Ayakan Pasir Mix Design 1				Kebutuhan Gradasi Ayakan Pasir Mix Design 2-7			
Lolos Pada		Rasio	Berat (gram)	Lolos Pada		Rasio	Berat (gram)
Lubang Ayakan (mm)	Nomor Ayakan			Lubang Ayakan (mm)	Nomor Ayakan		
4.75	no 4	0.05	104.89	4.75	no 4	0.05	96.5361
2.36	no 8	0.05	104.89	2.36	no 8	0.05	96.5361
1.72	no 16	0.10	209.781	1.72	no 16	0.10	193.072
0.60	no 30	0.50	1048.9	0.60	no 30	0.50	965.361
0.30	no 50	0.25	524.452	0.30	no 50	0.25	482.681
0.15	no 100	0.05	104.89	0.15	no 100	0.05	96.5361

i. Tempat pengujian

Lokasi / tempat pengujian benda uji dilaksanakan di laboratorium Jurusan Teknik Sipil Unesa.

**3. Instrumen Penelitian**

Instrumen disusun berdasarkan komponen variabel penelitian yang ditetapkan untuk diteliti. Komponen variabel tersebut adalah faktor-faktor yang mempengaruhi metode yang digunakan. Dari variabel tersebut diberikan definisi operasionalnya dan selanjutnya ditentukan indikator yang akan diukur. Adapun instrumen penelitian yang dimaksud antara lain:

a. Uji Kuat Tekan

Benda uji ditekan menggunakan alat (*Hydraulic Universal Testing Machine*) sehingga benda uji akan mengalami gaya tekan. Pengujian kuat tekan dilakukan hingga didapat beban maksimumnya sebanyak 3 kali untuk setiap sampelnya agar diperoleh kuat tekan rata-rata. Pengujian dilakukan pada saat benda uji berumur 7, 14, dan 28 hari.

b. Uji Porositas

Dilakukan uji seberapa besar pori yang terdapat didalam benda uji, dimana besaran pori tersebut dinyatakan dalam satuan persen (%). Pengujian dilakukan pada saat benda uji berumur 7, 14, dan 28 hari.

**4. Teknik Pengumpulan Data**

Peneliti memiliki cara dalam melakukan pengumpulan data yang disebut Teknik pengumpulan data. Data-data tersebut nantinya akan dipergunakan dalam penelitian yang akan dilaksanakan. Pengumpulan data dilaksanakan dengan metode pengamatan langsung. Pengamatan dilakukan di Laboratorium Beton Jurusan Teknik Sipil Unesa yang nantinya akan diperoleh data primer dari pengamatan langsung berupa:

- Ukuran dimensi dan volume material benda uji.
- Data uji kuat tekan pada benda uji.
- Data uji porositas pada benda uji.
- Dokumentasi, berupa gambar foto yang diambil dari kamera.

**5. Teknik Analisis Data**

Teknik analisis data hasil pengujian laboratorium adalah deskriptif kuantitatif. Teknik analisis ini

dilakukan dengan cara menelaah data yang didapat dari hasil eksperimen, dimana hasilnya berupa data kuantitatif yang akan dibuat dalam bentuk tabel yang nantinya ditampilkan dalam bentuk grafis.

Langkah selanjutnya yaitu mendeskripsikan atau menggambarkan data sebagaimana adanya dalam bentuk kalimat yang mudah dibaca, dipahami dan dipresentasikan, sehingga pada intinya adalah sebagai upaya memberi jawaban atas permasalahan yang diteliti (Sugiyono, 2007).

Tabel dan grafik dibuat kemudian dianalisis dan dijabarkan sehingga diperoleh suatu hubungan dari data tersebut. Adapun data yang dimaksud antara lain:

- Pengaruh persentase penambahan *rice husk ash* pada *fly ash* terhadap kuat tekan

Menurut SNI 03-1974-1990 dan ASTM C39 untuk mengetahui besarnya kuat tekan dapat digunakan rumus sebagai berikut:

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

Keterangan:

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

P = Beban maksimum

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

- Pengaruh persentase penambahan *rice husk ash* pada *fly ash* terhadap porositas mortar

Untuk mengetahui besarnya kuat tekan dapat digunakan rumus (Lawrence H. Van Vlack, 1989) sebagai berikut:

$$\text{Porositas} = \frac{Mb - Mk}{Vb} \times \frac{1}{p_{air}} \times 100\% \text{ (\%)}$$

Keterangan:

Mb = Massa basah sampel setelah direndam (gr)

Mk = Massa kering sampel setelah direndam (gr)

Vb = Volume benda uji (cm<sup>3</sup>)

p<sub>air</sub> = Massa jenis air (gr/cm<sup>3</sup>)

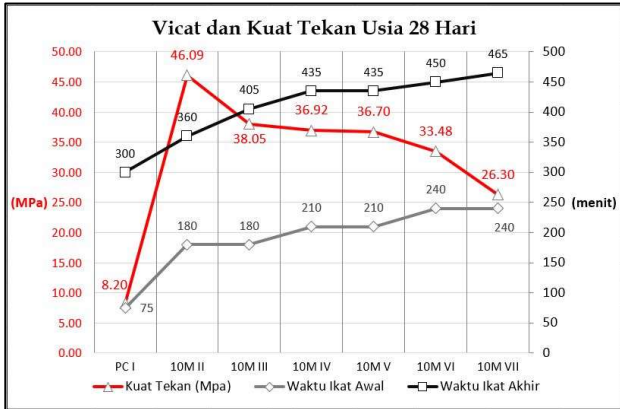
Kemudian dianalisis hubungan antara variasi persentase penambahan *rice husk ash* pada *fly ash* dari uji kuat tekan dengan uji porositas yang dihasilkan.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Fokus hasil penelitian adalah hasil kuat tekan benda uji, oleh sebab itu dianalisa perihal apa saja yang mempengaruhi hasil kuat tekan dari benda uji. Pada penelitian ini dibahas 3 hal yang mempengaruhi kuat tekan benda uji diantaranya adalah vicat, porositas, dan berat per-volume. Adapun analisa perihal apa saja yang mempengaruhi hasil kuat tekan mortar benda uji sebagai berikut:

1. Analisa hubungan vicat dan kuat tekan benda uji

Vicat merupakan lama waktu ikat bahan pengikat pada benda uji, setiap bahan dan campuran bahan pengikat memiliki waktu ikat yang berbeda. Hubungan waktu ikat dan kuat tekan disajikan pada **Gambar 2.** berikut:



**Gambar 2. Grafik Hubungan Vicat dan Kuat Tekan**

Pada grafik **Gambar 2.** terjadi peningkatan waktu ikat antara *mix design* 1 sampai dengan *mix design* 7, hal ini disebabkan oleh perbedaan bahan dan campuran bahan pengikat pada pasta. Adapun bahan penyusun pasta disajikan pada **Tabel 2.** berikut:

**Tabel 2. Persentase Penyusun Bahan Pengikat**

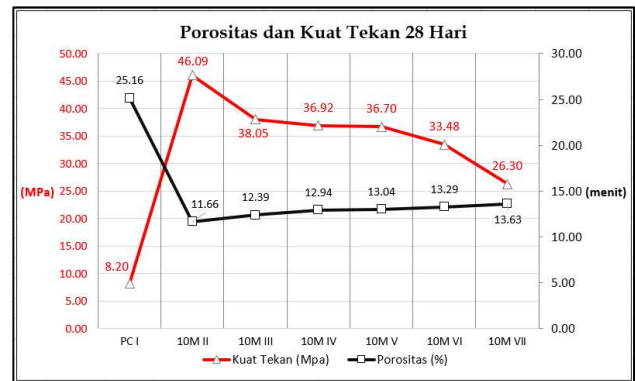
Mix Design	Kode	Persentase		
		Portland Cement	Fly Ash	Rice Husk Ash
1	PC I	100%	0.00%	0.00%
2	10M II	0.00%	100%	0.00%
3	10M III	0.00%	97.50%	2.50%
4	10M IV	0.00%	95.00%	5.00%
5	10M V	0.00%	92.50%	7.50%
6	10M VI	0.00%	90.00%	10.00%
7	10M VI	0.00%	87.50%	12.50%

Berdasarkan **Gambar 2.** dan **Tabel 4.** menunjukkan bahwa pengaruh penambahan substitusi *rice husk ash* pada *fly ash* mengakibatkan bertambahnya waktu ikat pada pasta. Hal ini dikarenakan kandungan Ca pada *rice husk ash* yang cukup rendah yaitu 4.75%. Selain bertambahnya waktu ikat pada pasta, dapat dilihat kuat tekan dari benda uji *mix design* 3 dan seterusnya menurun setelah substitusi *rice husk ash* pada *fly ash* ditambah persentasenya. Sehingga dapat disimpulkan bahwa waktu ikat pasta berbanding terbalik dengan kuat tekan benda uji.

2. Analisa hubungan porositas dan kuat tekan benda uji

Porositas merupakan besaran pori pada benda uji, dimana terdapat rongga yang mengakibatkan kurang padatnya benda uji. Berikut hubungan antara porositas

dan kuat tekan pada benda uji dapat dilihat pada **Gambar 3.** berikut ini:



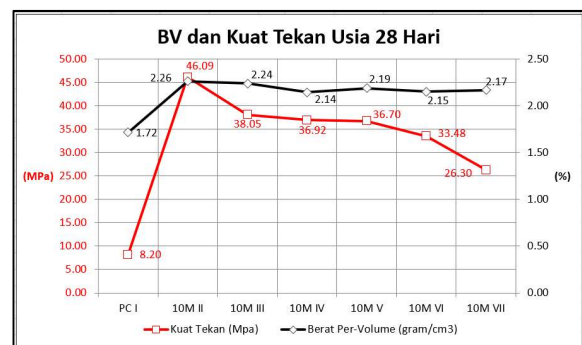
**Gambar 3. Grafik Hubungan Porositas dan Kuat Tekan**

Pada **Gambar 3.** diatas didapatkan nilai kuat tekan terbesar ditunjukkan oleh *mix design* 2 dengan persentase bahan pengikat *fly ash* sebesar 100% yaitu memiliki nilai kuat tekan sebesar 46.09 MPa dengan porositas paling kecil yaitu sebesar 11.66%, dan nilai kuat tekan terendah ditunjukkan oleh *mix design* 1 dengan persentase bahan pengikat *Portland cement* sebesar 100% yaitu memiliki nilai kuat tekan sebesar 8.2 MPa dengan porositas paling besar yaitu 25.16%, diikuti oleh *mix design* 7 dengan persentase bahan pengikat *fly ash* sebesar 87.5% dan *rice husk ash* sebesar 12.5% yaitu memiliki nilai kuat tekan sebesar 26.3 MPa dengan nilai porositas sebesar 13.63%.

Grafik pada **Gambar 3.** menunjukkan terjadi peningkatan nilai kuat tekan saat nilai porositas bertambah kecil. Sehingga dapat disimpulkan bahwa porositas mortar berbanding terbalik dengan kuat tekan benda uji.

3. Analisa hubungan BV dan kuat tekan benda uji

Berat per-volume merupakan satuan berat pada tiap volume benda uji, semakin besar berat benda uji maka semakin padat susunan partikel dari benda uji tersebut. Adapun hubungan berat per-volume dan kuat tekan benda uji disajikan pada **Gambar 4.** sebagai berikut:



**Gambar 4. Grafik Hubungan Berat Per-Volume dan Kuat Tekan**

Pada **Gambar 4**, diatas didapatkan nilai kuat tekan terbesar ditunjukkan oleh *mix design* 2 dengan persentase bahan pengikat *fly ash* sebesar 100% yaitu memiliki nilai kuat tekan sebesar 46.09 MPa dengan berat per-volume sebesar 2.26 gram/cm<sup>3</sup>, dan nilai kuat tekan terendah ditunjukkan oleh *mix design* 1 dengan persentase bahan pengikat *Portland cement* sebesar 100% yaitu memiliki nilai kuat tekan sebesar 8.2 MPa dengan berat per-volume sebesar 1.72 gram/cm<sup>3</sup>, diikuti oleh *mix design* 7 dengan persentase bahan pengikat *fly ash* sebesar 87.5% dan *rice husk ash* sebesar 12.5% yaitu memiliki nilai kuat tekan sebesar 26.3 MPa dengan berat per-volume sebesar 2.17 gram/cm<sup>3</sup>.

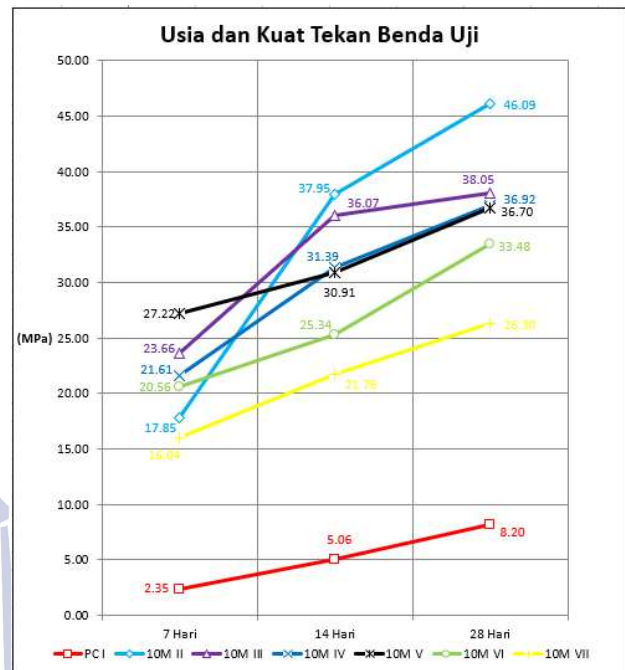
Grafik pada **Gambar 4**, menunjukkan terjadi peningkatan nilai kuat tekan saat nilai berat per-volume bertambah besar. Sehingga dapat disimpulkan bahwa berat per-volume berbanding lurus dengan kuat tekan benda uji.

4. Analisa hubungan kuat tekan dan umur benda uji

Usia benda uji merupakan durasi waktu dalam hari yang terhitung saat adonan mortar dicetak dalam cetakan sampai dengan waktu pengujian kuat tekan. Pada penelitian ini di rencanakan usia benda uji untuk pengujian yaitu saat benda uji ber-usia 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Berikut hasil pengujian kuat tekan rata-rata pada tiap *mix design* dengan usia yang telah direncanakan disajikan pada **Tabel 3**, dan **Gambar 5**, berikut ini:

**Tabel 3. Usia dan Kuat Tekan Benda Uji**

Mix Design	Kode	Kuat Tekan (Mpa)		
		7 Hari	14 Hari	28 Hari
1	PC I	2.35	5.06	8.20
2	10M II	17.85	37.95	46.09
3	10M III	23.66	36.07	38.05
4	10M IV	21.61	31.39	36.92
5	10M V	27.22	30.91	36.70
6	10M VI	20.56	25.34	33.48
7	10M VII	16.04	21.76	26.30



**Gambar 5. Grafik Hubungan Usia Benda Uji dan Kuat Tekan**

Pada **Gambar 5**, menunjukkan bahwa kuat tekan dari benda uji pada setiap *mix design* meningkat seiring bertambahnya usia benda uji. Meningkatnya kuat tekan dikarenakan pada saat benda uji ber-usia 7 hari, kandungan kimia pada mortar belum sepenuhnya bereaksi dan mengeras secara sempurna, dan kuat tekan mortar akan mencapai 99% kekuatan akhir saat ber-usia 28 hari.

**PENUTUP**

**1. Simpulan**

- Adanya peningkatan substitusi *fly ash* menggunakan *rice husk ash* pada mortar geopolimer dengan rasio (W/S) sebesar 0.45, dan (SS/SH 10 Molar) sebesar 1.5, mengakibatkan menurunnya kuat tekan mortar. Nilai kuat tekan pada *mix design* 3 dan seterusnya mengalami penurunan secara terus-menerus sampai *mix design* terakhir dengan nilai kuat tekan *mix design* 2 sebesar 46.09 MPa, *mix design* 3 sebesar 38.05 MPa, *mix design* 4 sebesar 36.92 MPa, *mix design* 5 sebesar 36.7 MPa, *mix design* 6 sebesar 33.48 MPa, *mix design* 7 sebesar 26.3 MPa.
- Kadar optimum penggunaan *rice husk ash* sebagai bahan substitusi *fly ash* dengan rasio (W/S) sebesar 0.45, dan (SS/SH 10 Molar) sebesar 1.5, adalah sebesar 0% melainkan tanpa menggunakan *rice husk ash* sebagai bahan substitusi. Hal ini dikarenakan hasil penelitian kuat tekan yang nilainya paling tinggi adalah pada *mix design* 2 dengan persentase *fly ash* 100% sebesar 46.09 MPa,

Serta dengan nilai porositas terkecil sebesar 11.66%.

## 2. Saran

- a. Disarankan agar pada saat proses yang berhubungan dengan bahan kimia NaOH untuk lebih diperhatikan lagi keselamatannya. Gunakan selalu alat pelindung diri berupa masker dan sarung tangan karet agar tidak bersentuhan langsung dengan bahan kimia berbahaya.
- b. Proses pengadukan adonan dipastikan agar benar-benar homogen dan tidak ada adonan pasta yang menggumpal, untuk menghindari tidak meratanya pasta pada mortar.

Hardjito, D. and Rangan, B.V. 2005. Development and Properties Of Low-Calcium Fly Ash Based Geopolymer Concrete. *Jurnal Pondasi* Vol. 13 (2): (hal: 124).

Mulyono, Tri. 2004. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.  
Sugiyono. 2012. *Metode Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.

Sutanto, E., & Hartono, B., 2005. Penelitian beton geopolimer dengan fly ash untuk beton struktural. TA No : 15111415/SIP/2005. Jurusan Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya.

Vlack, Lawrence H. Van. 1989. *Elements of Materials Science and Engineering*. Wesley. Addison

## DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 1989. SNI S-04-1989-F. *Tentang Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A*. Badan Standarisasi Nasional.

Anonim. 1990. SNI 03-1974-1990. *Tentang Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. Badan Standarisasi Nasional.

Anonim. 1991. SNI 03-2460-1991. *Tentang Spesifikasi Abu Terbang untuk Beton*. Badan Standarisasi Nasional.

Anonim. 1994. SNI 15-2049-1994. *Tentang Spesifikasi Agregat Halus untuk Pekerjaan Adukan dan Plesteran dengan Bahan Semen*. Badan Standarisasi Nasional.

Anonim. 2002. SNI 03-6820-2002. *Tentang Semen Portland*. Badan Standarisasi Nasional SNI 03-6820-2002

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 Ikut Awal Semen Portland dengan Menggunakan Alat Vicat untuk Pekerjaan Sipil*. Badan Standarisasi Nasional.

Ardha. 2003. *Pemanfaatan Abu Terbang PLTU Suralaya untuk Castable Refractory (Penelitian Pendahuluan)*, Litbang Pengolahan Mineral. Jakarta

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.

Davidovits, J. 1991. *Geopolymer: Inorganic Polymeric New Materials*. Geopolymer Institut. France.

