

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

Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik

Universitas Negeri Surabaya

ariagandhi11@gmail.com

Arie Wardhono

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

ABSTRAK

Permasalahan beton sebagai salah satu material utama sebuah pembangunan gedung adalah kebutuhan semen sebagai salah satu unsur utama beton yang semakin hari semakin berkurang. Dengan demikian dilakukan inovasi penelitian Penggunaan Abu Sekam Padi sebagai Bahan Substitusi *fly ash* pada mortar geopolimer dengan NaOH 14 Molar ditinjau dari kuat tekan dan porositas beton. Tujuan penelitian ini untuk mendapatkan informasi pengaruh penggunaan abu sekam padi sebagai bahan substitusi *fly ash* terhadap kuat tekan dan porositas mortar geopolimer dengan NaOH 14 Molar. Kemudian juga untuk mendapatkan kadar optimum penggunaan abu sekam padi sebagai bahan substitusi *fly ash* terhadap kuat tekan dan porositas mortar geopolimer dengan NaOH 14 Molar.

Hasil penelitian pengaruh penggunaan abu sekam padi sebagai substitusi *fly ash* terhadap kuat tekan dan porositas mortar geopolimer dengan NaOH 14M sangat berpengaruh karena dalam penelitian ini abu sekam padi sebagai pengganti fly ash juga mempunyai kadar silika yg cukup tinggi sebesar 75,7%. Oleh karena itu mortar saat diuji kuat tekan sangat kuat dan mampu menahan beban sampai sekitar 185 Mpa. Untuk pengaruhnya sendiri abu sekam padi mampu menggantikan fly ash karena memiliki kadar silika yg cukup tinggi. Kemudian berdasarkan uji XRF untuk uji abu sekam padi yang dilakukan di Laboratorium Universitas Negeri Malang kadar yang optimum yaitu Si atau (Silika) yang kadarnya sebesar 75,7%. Namun dalam penelitian ini kami hanya menggunakan 0,025% untuk *mix design* yang ke 3. Jadi dalam satu *mix design* kami hanya menambahkan 0,025% saja.

Kata kunci: *Fly Ash*, Abu Sekam Padi, Mortar, Geopolimer, NaOH 14 Molar

ABSTRACT

The problem of concrete as one of the main materials of building construction is the need for cement as one of the main elements of concrete which is increasingly diminishing. Thus a research innovation was carried out using Rice Husk Ash as Substitute for fly ash in geopolymer mortar with 14 Molar NaOH in terms of compressive strength and concrete porosity. The purpose of this study was to obtain information on the effect of using rice husk ash as a substitute for fly ash against the compressive strength and porosity of geopolymer mortar with 14 Molar NaOH. Then also to obtain the optimum level of use of rice husk ash as a substitute for fly ash against the compressive strength and porosity of geopolymer mortar with 14 Molar NaOH.

The results of the study of the effect of using rice husk ash as a substitute for fly ash on the compressive strength and porosity of geopolymer mortar with 14M NaOH were very influential because in this study rice husk ash as a substitute for fly ash also had a fairly high silica content of 75.7%. Therefore mortar when tested for compressive strength is very strong and able to withstand loads up to around 185 Mpa. For its own effect, rice husk ash is able to replace fly ash because it has high levels of silica. Then based on the XRF test for the rice husk ash test carried out at the Malang State University Laboratory the optimum level was Si or (Silica) whose levels were 75.7%. But in this study we only used 0.025% for the third village mix. So in one *design mix* we only added 0.025%.

Keywords: *Fly Ash*, *Rice Husk Ash*, Mortar, Geopolymer, NaOH 14 Molar.

PENDAHULUAN

Semen juga merupakan penyumbang gas karbondioksida yang tergolong besar di dunia. Dalam produksi satu ton semen portland, akan menghasilkan sekitar satu ton gas karbondioksida yang dilepaskan ke atmosfer. Menurut *International Energy Authority: World Energy Outlook*, Jumlah karbondioksida yang dihasilkan tahun 1995 adalah 23,8 miliar ton. Sehingga penggunaan semen perlu dikurangi untuk mengatasi dampak pencemaran lingkungan (Permadi, 2016).

Inovasi untuk mengurangi atau menggantikan semen sebagai material bahan bangunan terus dikembangkan. Para pakar teknologi beton mulai melakukan riset pembuatan beton dengan memanfaatkan ikatan geopolimer. Geopolimer dapat didefinisikan sebagai material yang dihasilkan dari geosintesis aluminosilikat polimerik dan alkali-silikat yang menghasilkan kerangka polimer SiO_4 (Silika Tetraoksida) dan AlO_4 (Aluminium Tetraoksida) yang terikat secara tetrahedral (Davidovits, 1994 dalam Pugar 2011).

Menurut penelitian Hardjito dan Rangan, 2010, perawatan dengan metode pemanasan membantu proses polimerisasi yang terjadi pada pasta geopolimer. Pada penelitian yang dilakukan oleh Hardjito dan Rangan, suhu perawatan pada beton geopolimer dengan bahan dasar *fly ash* menggunakan suhu 60°C . Hasil penelitian menunjukkan bahwa lamanya proses perawatan beton geopolimer akan mempengaruhi kuat tekan yang dihasilkan (Putra, 2017).

Menurut penelitian Manuahe dkk (2004) yang menggunakan *fly ash* kelas F dengan kandungan CaO kurang dari 10 % ini beton geopolimer pada umur 7 hari melalui curing temperature 60°C dengan variasi *curing time* selama 4 jam, 8 jam, 12 jam dan 24 jam dapat disimpulkan, bahwa semakin lama *curing time* maka semakin besar kuat tekan yang dihasilkan. Kuat tekan optimum yang dihasilkan pada *curing time* selama 24 jam dengan nilai $f'c = 27,462\text{ MPa}$. Semakin lama pemanasan yang dilakukan maka semakin besar kekuatan beton geopolimer yang didapatkan (Putra, 2017).

Indonesia merupakan negara agraris penghasil bahan pangan diantaranya beras yang berasal dari tanaman padi. Limbah

yang ditinggalkan dari tanaman padi cukup banyak yaitu batang (jerami) dan sekam. Sekam padi dan batang padi (jerami) bila dibakar dengan suhu tertentu menghasilkan silika amorf yang bersifat reaktif sehingga potensial untuk digunakan sebagai bahan mikrosilika. Pemanfaatan limbah untuk bahan konstruksi akan menunjang pengadaan bahan konstruksi, meningkatkan mutu bahan konstruksi, memberikan nilai tambah dan nilai guna limbah, menciptakan lapangan pekerjaan, dan mengurangi dampak negatif lingkungan (Lianasari, 2010).

Proses perawatan geopolimer membutuhkan suhu yang tinggi untuk mempercepat reaksi polimerisasi yang terjadi selama proses pengerasan (Wardhono et al. 2012) fakta tersebut menjadikan penelitian ini lebih berfokus pada pembuatan mortar agar proses pengerasan lebih cepat karena ukuran benda ujinya relatif lebih kecil.

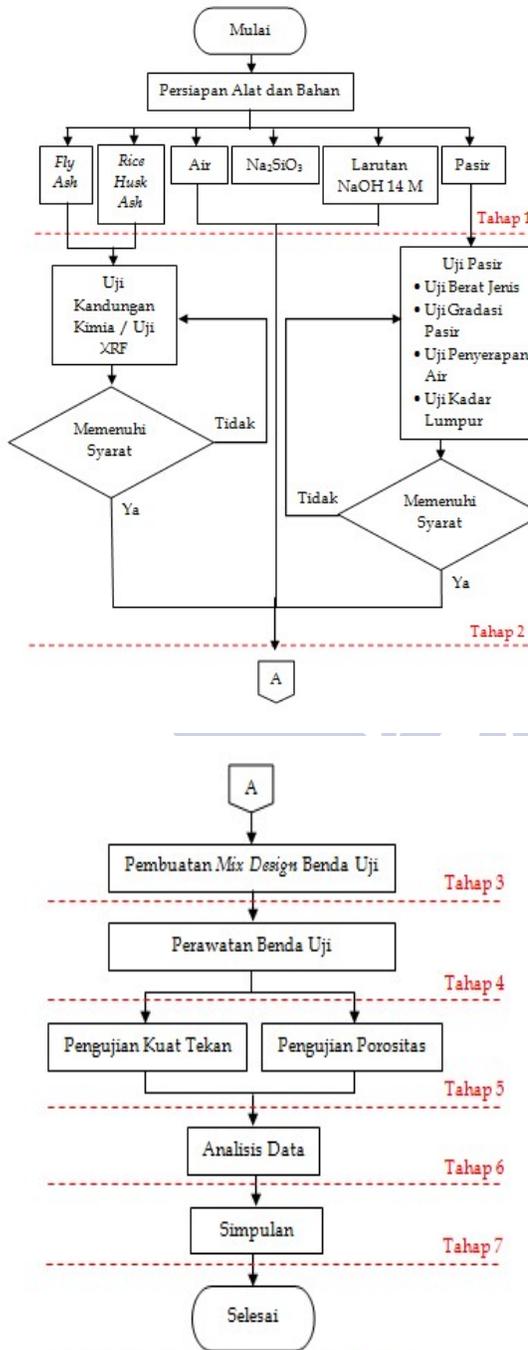
METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental untuk mencari dan menghasilkan data yang akan membuktikan hubungan antar variabel. Metode ini dilaksanakan di dalam laboratorium. Hasil yang telah didapatkan nantinya akan dianalisa secara statistik kuantitatif. Metode - metode tersebut akan digunakan untuk menganalisa hasil visual dari pengujian yang dilakukan. (Putra, 2017)

Penelitian ini kemudian dilakukan pengembangan dengan merancang variasi rasio SS/SH 14 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.

Dalam sebuah penelitian ilmiah, penelitian harus dilakukan secara jelas, sistematis, benar, dan teratur agar mendapatkan hasil yang diharapkan dan

dapat dipertanggungjawabkan. Pelaksanaan penelitian ini dibagi dalam beberapa tahap, yaitu:



Gambar 1. Diagram Alir Rancangan Penelitian

1. Jenis dan Rancangan Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental untuk mencari dan menghasilkan data yang akan membuktikan hubungan antar variabel.

Metode ini dilaksanakan di dalam laboratorium. Hasil yang telah didapatkan nantinya akan dianalisa secara statistik kuantitatif. Metode - metode tersebut akan digunakan untuk menganalisa hasil visual dari pengujian yang dilakukan. (Ismantoro, 2017)

Penelitian ini kemudian dilakukan pengembangan dengan merancang variasi rasio SS/SH 14 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 hidoksida* dan *sodium silikat*. Penelitian mengukur hasil dari eksperimen yang dibuat dengan uji kuat tekan serta uji porositas mortar kubus.

2. 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.

3. Variabel Penelitian 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 = 14 Molar

Penelitian ini menggunakan activator bahan kimia yang dijual di PT. Brataco Jalan Tidar no 89 Surabaya yaitu, *sodium hidroksida*

(NaOH) padat berbentuk serpihan yang dimolarkan menggunakan aquades dengan molaritas 14 molar.

b. Na_2SiO_3 / *Sodium Silikat* cair

Sodium Silikat (Na_2SiO_3) menggunakan *Sodium Silikat* berbentuk cair dijual di PT. Brataco Jalan Tidar No 89 Surabaya.

c. Perbandingan Na_2SiO_3 / NaOH atau SS/SH = 1,5

Perbandingan rasio SS/SH menggunakan SS/SH = 1,5 yaitu rasio optimum *activator* yang diperoleh dari penelitian sebelumnya. Pada penelitian ini digunakan rasio SS/SH sebesar 0,520/0,347 untuk *sodium hidroksida* 14 molar.

d. *Water solid ratio* (w/s) = 0,45

Digunakan rasio W/S = 0,45 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. 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			
Lolos Pada		Rasio	Berat (gram)
Lubang Ayakan (mm)	Nomor Ayakan		
4,75	no 4	0,05	250
2,36	no 8	0,05	250
1,72	no 16	0,1	500
0,6	no 30	0,5	2500
0,3	no 50	0,25	1250
0,15	no 100	0,05	250

Kebutuhan Gradasi Ayakan Pasir Mix Design 2-7			
Lolos Pada		Rasio	Berat (gram)
Lubang Ayakan (mm)	Nomor Ayakan		
4,75	no 4	0,05	226,8904
2,36	no 8	0,05	226,8904
1,72	no 16	0,1	453,78079
0,6	no 30	0,5	2268,904
0,3	no 50	0,25	1134,452
0,15	no 100	0,05	226,8904

h. 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.

i. Tempat pengujian

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

4. 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, 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 48 jam.

5. 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.

6. 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:

- σ = Kuat tekan (N/mm²)
 P = Beban maksimum
 A = Luas penampang benda uji (mm²)

- 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:

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

Keterangan:

Mb = Massa basah sampel setelah direndam (gr)

Mk = Massa kering sampel setelah direndam (gr)

Vb = Volume benda uji (cm³)

$p \text{ air}$ = Massa jenis air (gr/cm³)

HASIL DAN PEMBAHASAN

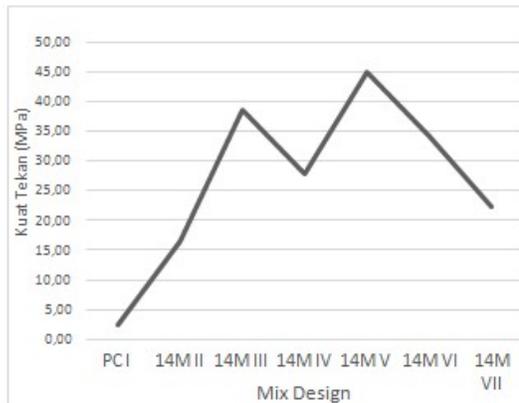
Fokus hasil Penelitian ini adalah hasil kuat tekan benda uji, oleh karena itu dianalisa perihal apa saja yang mempengaruhi benda uji. Pada penelitian ini akan dibahas 5 hal yang mempengaruhi kuat tekan benda uji diantaranya adalah hasil uji kuat tekan rata-rata dilihat dari tiap usia hari pengujian terhadap variasi substitusi *fly ash* terhadap abu sekam padi, mortar geopolimer menggunakan 2 jenis pengujian pada benda uji yaitu uji kuat tekan dan porositas, Hubungan porositas rata-rata dengan hasil kuat tekan rata-rata Mortar Geopolimer, Hubungan Berat per volume (BV) dengan hasil Kuat Tekan Rata-Rata Mortar Geopolimer, Hubungan Berat per volume (BV) dengan hasil Porositas Rata-Rata Mortar Geopolimer.

1. Pembahasan hasil uji kuat tekan rata-rata dilihat dari tiap usia hari pengujian terhadap variasi substitusi *fly ash* terhadap abu sekam padi:

Kuat Tekan			
Kode	7 Hari	14 Hari	28 Hari
PCI	2,35	5,06	8,20
14M II	16,56	33,03	43,65
14M III	38,72	37,22	49,86
14M IV	27,94	35,46	41,85
14M V	44,86	49,71	49,41
14M VI	34,16	38,84	43,93
14M VII	22,18	42,24	34,24
kuat tekan rata-rata	26,68	34,51	38,74

a. Variasi uji kuat tekan 7 hari

Berikut Hasil Kuat Tekan Mortar 14M pada usia 7 hari



Gambar 2. Grafik Hasil Uji Kuat Tekan Rata-Rata Dilihat Dari Usia Pengujian.

Dalam usia 7 hari ini mortar geopolimer menghasilkan kuat tekan yang awalnya 16,56 MPa kemudian kuat tekannya naik menjadi 38,72 MPa. Setelah naik uji kuat tekan mortar geopolimer kembali turun menjadi 27,94 MPa dan setelah itu hasil uji kuat tekan menjadi naik turun. Dalam grafik diatas dapat disimpulkan bahwa uji kuat tekan 14M dengan umur 7 hari menghasilkan mortar yang kuat tekannya tinggi.

b. Variasi uji kuat tekan usia 14 hari

Berikut Hasil Kuat Tekan Mortar 14M pada usia 14 hari



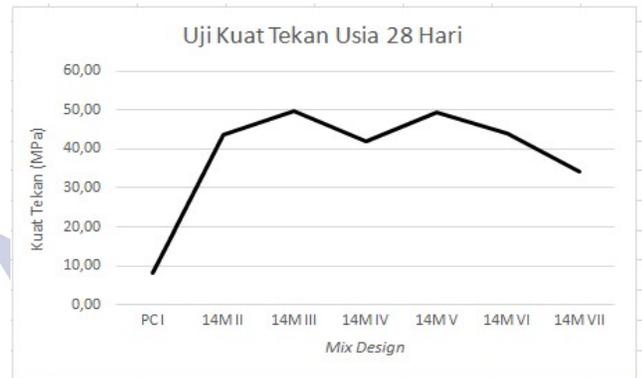
Gambar 3. Grafik Hasil Uji Kuat Tekan Rata-Rata Dilihat Dari Usia Pengujian.

Dalam usia 14 hari ini mortar geopolimer menghasilkan kuat tekan yang awalnya 33,03 MPa kemudian kuat tekannya naik menjadi 37,22 MPa. Setelah naik uji kuat tekan mortar geopolimer yang ketiga mengalami penurunan sebesar 35,46 MPa dan setelah itu hasil uji kuat tekan menjadi

naik turun. Dalam grafik diatas dapat disimpulkan bahwa uji kuat tekan 14M dengan umur 14 hari menghasilkan mortar yang kuat tekannya naik.

c. Variasi uji kuat tekan 7 hari

Berikut Hasil Kuat Tekan Mortar 14M pada usia 28 hari



Gambar 3. Grafik Hasil Uji Kuat Tekan Rata-Rata Dilihat Dari Usia Pengujian.

Dalam usia 28 hari ini mortar geopolimer menghasilkan kuat tekan yang awalnya 43,65 MPa kemudian kuat tekannya naik menjadi 49,86 MPa. Setelah turun uji kuat tekan mortar geopolimer kembali naik menjadi 41,85 MPa dan setelah itu hasil uji kuat tekan menjadi naik turun. Dalam grafik diatas dapat disimpulkan bahwa uji kuat tekan 14M dengan umur 28 hari menghasilkan mortar yang kuat tekannya paling tinggi dibandingkan dengan 7 dan 14 hari.

2. Dalam pembahasan ini mortar geopolimer menggunakan 2 jenis pengujian pada benda uji yang dibuat antara lain

a. Uji Kuat Tekan

Tahap Pengujian kuat tekan ini dilakukan saat sampel berumur 7, 14 dan 28 hari. Pengujian kuat tekan dilaksanakan di Laboratorium Beton Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya dengan menggunakan alat uji *Universal Testing Machine* WE - 600B, 360V atau yang sering disebut dengan *Dial Gauge* yang merupakan produksi China. Pada pengujian sampel tiap umur rencana diwakili 6 buah benda uji. Prosedur untuk melakukan tes kuat tekan berdasarkan ASTM C579-01.

b. Uji Porositas

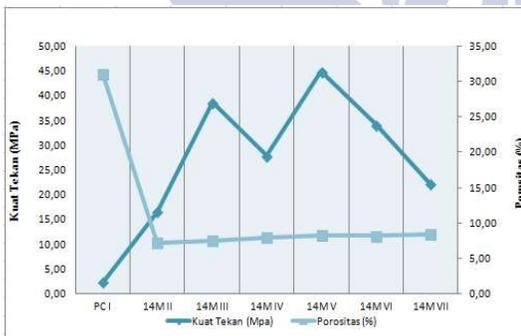
Pengujian porositas ini dilakukan pada saat benda uji berumur 48 jam dengan prosedur pengujian sebagai berikut:

1. Mengeringkan pada suhu 105°-110° C dan dipanaskan selama 24 jam.
2. Selama 24 jam pengeringan, kemudian benda uji dikeringkan pada suhu 20-35°C.
3. Merendam benda uji selama 48 jam. Setelah perendaman, mengeringkan benda uji dengan kain penyerap lalu ditimbang.
4. Selanjutnya adalah menghitung nilai porositas dengan menggunakan persamaan $\frac{M_b - M_k}{V_b} \times \frac{1}{\rho_{air}} \times 100\%$

3. Hubungan porositas rata-rata dengan hasil kuat tekan rata-rata Mortar Geopolimer

Mix Design	Kode	Porositas (%)			Kuat Tekan (Mpa)		
		7 Hari	14 Hari	28 Hari	7 Hari	14 Hari	28 Hari
1	PCI	31,03	29,47	25,16	2,35	5,06	8,20
2	14M II	7,13	9,64	11,00	16,56	33,03	43,65
3	14M III	7,53	7,69	8,46	38,72	37,22	49,86
4	14M IV	7,95	8,63	8,67	27,94	35,46	41,85
5	14M V	8,30	11,94	12,78	44,86	49,71	49,41
6	14M VI	8,16	8,86	10,05	34,16	38,84	43,93
7	14M VII	8,37	8,40	8,66	22,18	42,24	34,24

a. Hubungan porositas dengan kuat tekan umur 7 hari

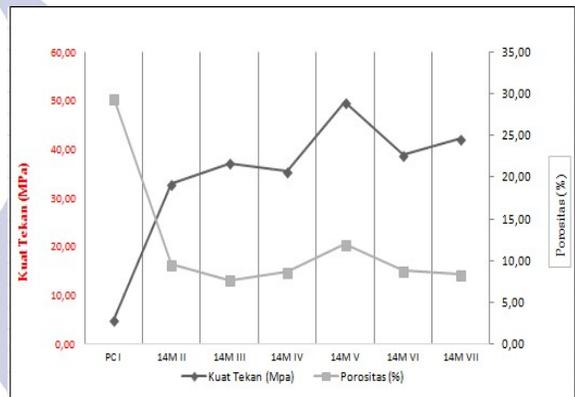


Gambar 4. Grafik hubungan porositas dengan kuat tekan umur 7 hari.

Dalam usia 7 hari ini hubungan mortar geopolimer yang menghubungkan antara porositas dan kuat tekan menghasilkan porositas yang awalnya 31,03% sedangkan untuk kuat tekannya menghasilkan 2,35 MPa. Kemudian di *mix desain* yang selanjutnya porositas mengalami penurunan sebesar 7,13% sedangkan untuk kuat tekannya mengalami kenaikan hingga mix desain yang ke 5 sebesar 8,30%, sedangkan untuk kuat tekannya di mix desain yang ke IV mengalami penurunan karena di mix desain yang ke IV tersebut ada kesalahan dalam proses pematatannya, dan mix

desain yang ke 5 kuat tekan mengalami kenaikan akibat proses pemadatan yang merata dan mampu menahan beban hingga 44,86 MPa. Dalam mix desain yang selanjutnya porositas untuk usia 7 hari ini mengalami kenaikan karena proses pemadatan saat membuat adonan dalam cetakan yang padat dan sedangkan untuk kuat tekannya juga mengalami penurunan. Dalam grafik diatas dapat disimpulkan bahwa hubungan porositas dengan kuat tekan 14M dengan umur 7 hari mengalami uji porositas dan kuat tekan yang turun naik atau tidak stabil.

b. Hubungan porositas rata-rata umur 14 hari

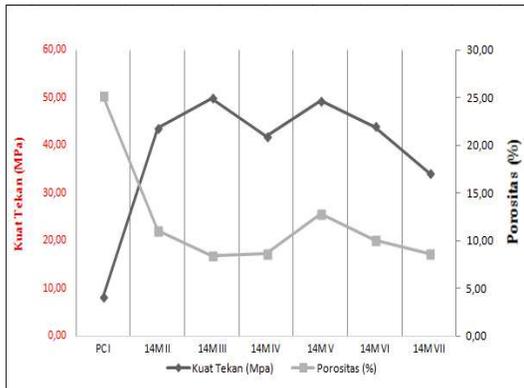


Gambar 5. Grafik hubungan porositas dengan kuat tekan umur 14 hari.

Dalam usia 14 hari ini hubungan mortar geopolimer yang menghubungkan antara porositas dan kuat tekan menghasilkan porositas yang awalnya 29,47% sedangkan untuk kuat tekannya menghasilkan 5,06 MPa. Kemudian di *mix desain* yang selanjutnya porositas mengalami penurunan sebesar 9,64%, sedangkan untuk kuat tekannya mengalami kenaikan sebesar 33,03 Mpa. Porositas kembali mengalami penurunan mix desain yang ke 3 sebesar 7,69% kemudian mix desain yang ke 4 kembali mengalami kenaikan hingga mix desain yang ke 5 sebesar 11,94% sedangkan untuk kuat tekannya di mix desain yang ke 3 mengalami kenaikan sebesar 37,22 MPa dalam mix desain yang ke 4 mengalami penurunan sebesar 35,46 MPa dan untuk mix desain 5 kuat tekan mengalami kenaikan akibat proses pemadatan yang merata dan mampu menahan kuat tekan hingga 49,71 MPa. Dalam mix desain yang selanjutnya porositas untuk usia 14 hari ini mengalami penurunan karena proses pemadatan adonan kedalam cetakan yang kurang merata dan

sedangkan untuk kuat tekannya mengalami naik turun turun. Dalam grafik diatas dapat disimpulkan bahwa hubungan porositas dengan kuat tekan 14M dengan umur 14 hari mengalami uji porositas dan kuat tekan yang naik turun atau tidak stabil.

c. Hubungan porositas dengan kuat tekan umur 28 hari



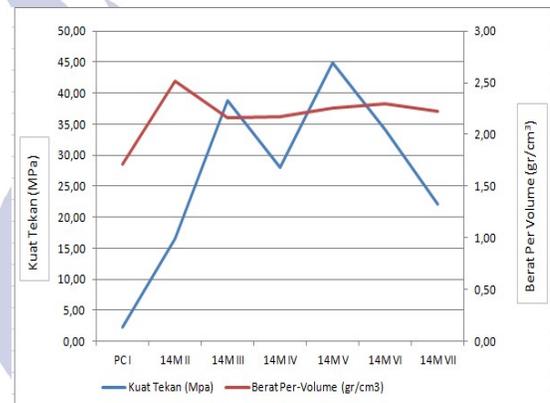
Gambar 6. Grafik Hubungan porositas dengan Kuat Tekan umur 28 hari.

Dalam usia 28 hari ini hubungan mortar geopolimer yang menghubungkan antara porositas dan kuat tekan menghasilkan porositas yang awalnya 25,16% sedangkan untuk kuat tekannya menghasilkan 8,20 MPa. Kemudian di *mix design* yang selanjutnya porositas mengalami penurunan sebesar 11,00% sedangkan untuk kuat tekannya mengalami kenaikan 43,65 Mpa. Porositas untuk mix design yang ke 3 mengalami penurunan sebesar 8,46% kemudian porositas kembali mengalami kenaikan hingga mix design yang ke 5 sebesar 12,78% sedangkan untuk kuat tekannya di mix design yang ke 3 kuat tekan mengalami kenaikan sebesar 49,86 MPa karena akibat proses pemadatan yang merata. Selanjutnya kuat tekan mengalami penurunan di mix design ke 4 sebesar 41,85 MPa. Dan dalam mix design yang ke 5 kuat tekan mengalami kenaikan sebesar 49,41 MPa. sedangkan porositas untuk usia 28 hari ini mengalami penurunan karena proses pemadatan adonan kedalam cetakan yang kurang merata dan sedangkan untuk kuat tekannya mengalami penurunan. Dalam grafik diatas dapat disimpulkan bahwa hubungan porositas dengan kuat tekan 14M dengan umur 28 hari mengalami uji porositas dan kuat tekan yang naik turun.

4. Hubungan Berat per volume (BV) dengan hasil Kuat Tekan Rata-Rata Mortar Geopolimer.

Mix Design	Kode	Kuat Tekan (Mpa)			Berat Per-Volume (gr/cm ³)		
		7 Hari	14 Hari	28 Hari	7 Hari	14 Hari	28 Hari
1	PC I	2,35	5,06	8,20	1,71	1,68	1,72
2	14M II	16,56	33,03	43,65	2,52	2,29	2,19
3	14M III	38,72	37,22	49,86	2,16	2,16	2,44
4	14M IV	27,94	35,46	41,85	2,17	2,19	2,22
5	14M V	44,86	49,71	49,41	2,26	2,23	2,25
6	14M VI	34,16	38,84	43,93	2,30	2,23	2,22
7	14M VII	22,18	42,24	34,24	2,22	2,21	2,18

a. Hubungan BV dengan Kuat Tekan dengan umur 7 hari

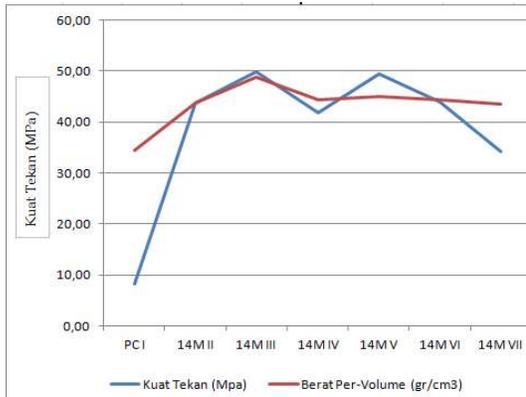


Gambar 7. Grafik Hubungan Kuat Tekan dengan BV umur 7 hari.

Dalam usia 7 hari ini hubungan mortar geopolimer yang menghubungkan antara berat per volume dengan kuat tekan menghasilkan berat per volume untuk kontrolnya sebesar 1,71 gr/cm³ sedangkan untuk kuat tekannya menghasilkan 2,35 MPa. Kemudian di mix design yang selanjutnya berat per volume mengalami kenaikan sebesar 2,52 gr/cm³ sedangkan untuk kuat tekannya mengalami kenaikan 16,58 Mpa. Berat Per Volume untuk mix design yang ke 3 mengalami penurunan sebesar 2,16 gr/cm³ kemudian berat per volume kembali mengalami kenaikan hingga mix design yang ke 5 sebesar 2,26 gr/cm³, sedangkan untuk kuat tekannya di mix design yang ke 3 kuat tekan mengalami kenaikan sebesar 38,72 MPa karena akibat proses pemadatan volume yang merata. Selanjutnya kuat tekan mengalami penurunan di mix design ke 4 sebesar 27,86 MPa. Dan dalam mix design yang ke 5 kuat tekan mengalami kenaikan sebesar 44,86 MPa. sedangkan berat per volume untuk usia 7 hari ini mengalami

penurunan karena proses pemadatan adonan kedalam cetakan yang kurang merata, sedangkan untuk kuat tekannya mengalami penurunan. Dalam grafik diatas dapat disimpulkan bahwa hubungan berat per volume dengan kuat tekan 14M dengan umur 7 hari mengalami naik turun.

b. Hubungan BV dengan kuat tekan yang berumur 14 hari

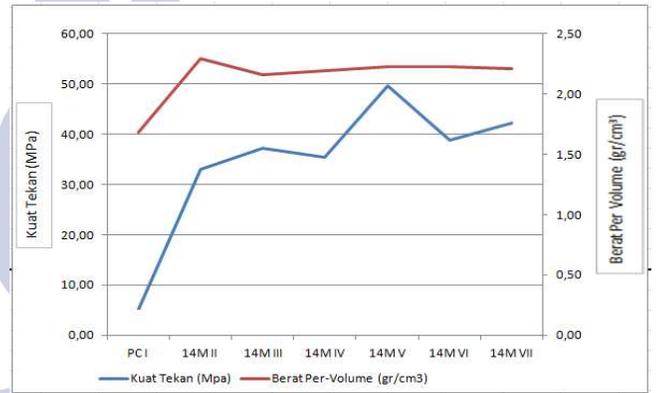


Gambar 7. Grafik Hubungan BV dengan Kuat Tekan Rata-Rata Yang Berumur 14 Hari.

Dalam usia 14 hari ini hubungan mortar geopolimer yang menghubungkan antara berat per volume dengan kuat tekan menghasilkan berat per volume untuk kontrolnya atau PC I sebesar 1,68 gr/cm³ sedangkan untuk kuat tekannya menghasilkan 5,06 MPa. Kemudian di mix desain yang selanjutnya berat per volume mengalami kenaikan sebesar 2,29 gr/cm³ sedangkan untuk kuat tekannya mengalami kenaikan 33,03 Mpa. Berat Per Volume untuk mix desain yang ke 3 mengalami penurunan sebesar 2,16 gr/cm³ kemudian berat per volume kembali mengalami kenaikan hingga mix desain yang ke 5 sebesar 2,23 gr/cm³ sedangkan untuk kuat tekannya di mix desain yang ke 3 kuat tekan mengalami kenaikan sebesar 37,22 MPa karena akibat proses pemadatan volume yang merata. Selanjutnya kuat tekan mengalami penurunan di mix desain ke 4 sebesar 35,46

MPa. Dan dalam mix desain yang ke 5 kuat tekan mengalami kenaikan sebesar 49,71 MPa, sedangkan yang selanjutnya berat per volume untuk usia 14 hari ini mengalami penurunan karena proses pemadatan adonan kedalam cetakan yang kurang merata, sedangkan untuk kuat tekannya mengalami penurunan. Dalam grafik diatas dapat disimpulkan bahwa hubungan berat per volume dengan kuat tekan 14M dengan umur 14 hari mengalami naik turun.

c. Hubungan BV dengan kuat tekan yang berumur 28 hari



Gambar 8. Grafik Hubungan BV dengan Kuat Tekan Rata-Rata Yang Berumur 28 Hari.

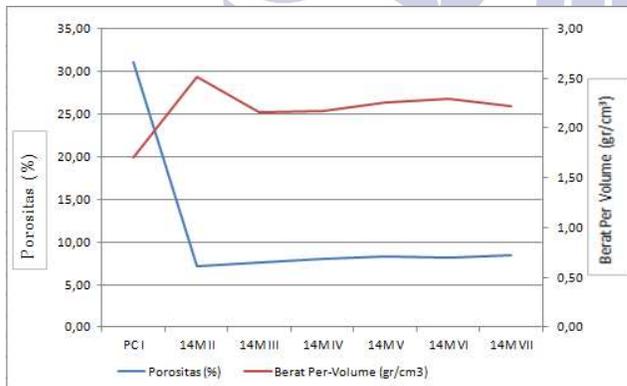
Dalam usia 28 hari ini hubungan mortar geopolimer yang menghubungkan antara berat per volume (BV) dengan kuat tekan menghasilkan berat per volume (BV) untuk kontrolnya atau PC I sebesar 1,72 gr/cm³ sedangkan untuk kuat tekannya menghasilkan 8,20 MPa. Kemudian di mix desain yang selanjutnya berat per volume (BV) mengalami kenaikan sebesar 2,19 gr/cm³ sedangkan untuk kuat tekannya mengalami kenaikan 43,65 Mpa. Berat Per Volume untuk mix desain yang ke 3 mengalami kenaikan sebesar 2,44 gr/cm³ kemudian berat per volume (BV) kembali mengalami penurunan hingga mix desain yang ke 7 sebesar 2,18 gr/cm³, selanjutnya berat per volume (BV) untuk usia 28 hari ini mengalami penurunan karena proses pemadatan adonan kedalam cetakan yang kurang merata, sedangkan untuk kuat tekannya mengalami penurunan untuk kuat

tekannya di mix desain yang ke 3 kuat tekan mengalami kenaikan sebesar 49,86 MPa karena akibat proses pemadatan volume yang merata. Selanjutnya kuat tekan mengalami penurunan di mix desain ke 4 sebesar 41,85 MPa. Dan dalam mix desain yang ke 5 kuat tekan mengalami kenaikan sebesar 49,41 MPa. Dalam grafik diatas dapat disimpulkan bahwa hubungan berat per volume (BV) dengan kuat tekan 14M dengan umur 28 hari mengalami yang awalnya naik menjadi turun.

5. Hubungan Berat per volume (BV) dengan hasil Porositas Rata-Rata Mortar Geopolimer

Mix Design	Kode	Porositas (%)			Berat Per-Volume (gr/cm ³)		
		7 Hari	14 Hari	28 Hari	7 Hari	14 Hari	28 Hari
1	PC I	31,03	29,47	25,16	1,71	1,68	1,72
2	14M II	7,13	9,64	11,00	2,52	2,29	2,19
3	14M III	7,53	7,69	8,46	2,16	2,16	2,44
4	14M IV	7,95	8,63	8,67	2,17	2,19	2,22
5	14M V	8,30	11,94	12,78	2,26	2,23	2,25
6	14M VI	8,16	8,86	10,05	2,30	2,23	2,22
7	14M VII	8,37	8,40	8,66	2,22	2,21	2,18

a. Hubungan Berat Per Volume (BV) dengan Porositas berumur 7 Hari

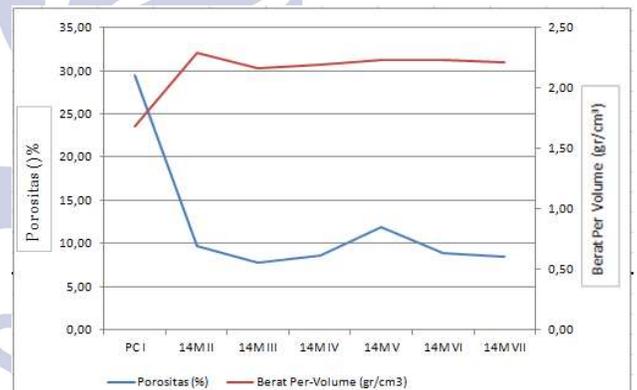


Gambar 9. Grafik Hubungan Berat Per Volume dengan Porositas Rata-Rata Yang Berumur 7 Hari

Dalam usia 7 hari ini hubungan mortar geopolimer yang menghubungkan antara berat per volume dengan porositas menghasilkan berat per volume untuk kontrolnya sebesar 1,71 gr/cm³ sedangkan untuk porositasnya menghasilkan 31,03%. Kemudian di mix desain yang selanjutnya berat per volume mengalami kenaikan sebesar 2,52 gr/cm³ sedangkan untuk porositasnya mengalami penurunan 7,13%. Berat Per Volume untuk mix desain yang ke

3 mengalami penurunan sebesar 2,16 gr/cm³ kemudian berat per volume kembali mengalami kenaikan hingga mix desain yang ke 5 sebesar 2,26 gr/cm³, sedangkan untuk porositasnya mengalami kenaikan sampai mix desain yang ke 5 sebesar 8,30%, karena akibat proses pemadatan volume yang merata. Selanjutnya porositasnya mengalami penurunan di mix desain ke 6 sebesar 8,16%. Dan dalam mix desain yang ke 7 porositasnya mengalami kenaikan sebesar 8,37%. sedangkan berat per volume untuk usia 7 hari ini mengalami penurunan karena proses pemadatan adonan kedalam cetakan yang kurang merata, sedangkan untuk porositasnya mengalami kenaikan. Dalam grafik diatas dapat disimpulkan bahwa hubungan berat per volume dengan porositas 14M dengan umur 7 hari yang awalnya mengalami kenaikan dan akhirnya mengalami penuruna pada mix desain yang ke 6 untuk porositasnya sedangkan untuk berat per volume (BV) juga mengalami turun naik.

b. Hubungan Berat Per Volume (BV) dengan Porositas yang berumur 14 hari

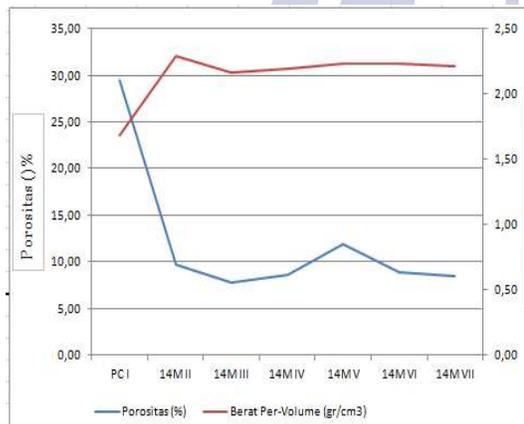


Gambar 10. Grafik Hubungan Berat Per Volume dengan Porositas Rata-Rata Yang Berumur 14 Hari

Dalam usia 14 hari ini hubungan mortar geopolimer yang menghubungkan antara berat per volume (BV) dengan Porositas menghasilkan berat per volume untuk kontrolnya atau PC I sebesar 1,68 gr/cm³ sedangkan untuk porositasnya menghasilkan 29,47%. Kemudian di mix desain yang selanjutnya berat per volume mengalami kenaikan sebesar 2,29 gr/cm³ sedangkan untuk porositasnya mengalami penurunan sebesar 9,64%. Berat Per Volume untuk mix desain yang ke 3 mengalami penurunan sebesar 2,16 gr/cm³ kemudian berat per volume kembali mengalami kenaikan hingga

mix desain yang ke 5 sebesar 2,23 gr/cm³ sedangkan untuk porositasnya mix desain yang ke 3 mengalami penurunan sebesar 7,69% karena akibat proses pemadatan volume yang kurang merata. Selanjutnya porositasnya mulai mengalami kenaikan mix desain ke 4 sampai dengan mix desain yang ke 5 sebesar 11,94%, sedangkan yang selanjutnya berat per volume dan porositasnya untuk usia 14 hari ini mengalami penurunan karena proses pemadatan adonan kedalam cetakan yang kurang merata, Dalam grafik diatas dapat disimpulkan bahwa hubungan berat per volume dengan porositasnya 14M dengan umur 14 hari mengalami naik turun.

c. Hubungan Berat Per Volume (BV) dengan Porositasnya dengan umur 28 hari.



Gambar 11. Grafik Hubungan Berat Per Volume dengan Porositas Rata-Rata Yang Berumur 28 Hari

Dalam usia 28 hari ini hubungan mortar geopolimer yang menghubungkan antara berat per volume (BV) dengan porositas menghasilkan berat per volume (BV) untuk kontrolnya atau PC I sebesar 1,72 gr/cm³, sedangkan untuk porositasnya menghasilkan 25,16%. Kemudian di mix desain yang selanjutnya berat per volume (BV) mengalami kenaikan sebesar 2,19 gr/cm³, sedangkan untuk porositasnya mengalami penurunan sebesar 11,00%. Berat Per Volume untuk mix desain yang ke 3 mengalami kenaikan sebesar 2,44 gr/cm³ kemudian berat per volume (BV) kembali mengalami penurunan hingga mix desain yang ke 7 sebesar 2,18 gr/cm³, selanjutnya berat per volume (BV) untuk usia 28 hari ini mengalami penurunan karena proses pemadatan adonan kedalam cetakan yang kurang merata, sedangkan untuk

porositasnya dalam mix desain yang ke 3 mengalami penurunan 8,46% karena akibat proses pemadatan volume yang kurang merata. Selanjutnya porositasnya mengalami kenaikan di mix desain ke 4 sampai mix desain yang ke 5 mengalami kenaikan sebesar 12,78%. Dalam grafik diatas dapat disimpulkan bahwa hubungan berat per volume (BV) dengan porositasnya 14M dengan umur 28 hari mengalami yang awalnya naik menjadi turun. Sedangkan untuk porositasnya juga yang awalnya mengalami kenaikan juga di mix desain yang ke 7 mengalami penurunan.

PENUTUP

1. Simpulan

- a. Pengaruh penggunaan abu sekam padi sebagai substitusi *fly ash* terhadap kuat tekan dan porositas mortar geopolimer dengan NaOH 14M sangat berpengaruh karena dalam penelitian ini abu sekam padi sebagai pengganti *fly ash* juga mempunyai kadar silika yg cukup tinggi sebesar 75,7%. Oleh karena itu mortar saat diuji kuat tekan sangat kuat dan mampu menahan beban sampai sekitar 185 MPa. Untuk pengaruhnya sendiri abu sekam padi mampu menggantikan *fly ash* karena memiliki kadar silika yg cukup tinggi.
- b. Berdasarkan uji XRF untuk uji abu sekam padi yang dilakukan di Laboratorium Universitas Negeri Malang kadar yang optimum yaitu Si atau (Silika) yang kadarnya sebesar 75,7%. Namun dalam penelitian ini kami hanya menggunakan 0,025% untuk *mix desain* yang ke 3. Jadi dalam satu *mix desain* kami hanya menambahkan 0,025% saja.

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 Strength 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.

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 geopolymer dengan fly ash untuk beton struktural. TA No: 15111415/SIP/2005. Jurusan Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya.

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

Permadi, Mohamad Ari. 2016. Pengaruh Substitusi *Fly Ash* Dan Penambahan Serbuk Cangkang Kerang Darah Pada Kualitas Genteng Beton.

Putra, Risky Ismantoro. 2017. Pengaruh Lama Pemanasan Terhadap Kuat Tekan Mortar *Geopolymer* Dengan Molaritas Tinggi.