

PENGARUH VARIASI NaOH TERHADAP Na₂SiO₃ TERHADAP KUAT TEKAN DRY GEOPOLYMER MORTAR METODE DRY MIXING PADA KONDISI RASIO ABU TERBANG TERHADAP AKTIVATOR 4:1

Aditya Dwi Anugrah

Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
adityaanugrah@mhs.unesa.ac.id

Arie Wardhono

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
ariewardhono@unesa.ac.id

Abstrak

Perkembangan yang ilmu penelitian dan teknologi semakin pesat membantu para peneliti menemukan terobosan baru dalam penanganan permasalahan. Salah satunya adalah pembuatan beton geopolimer. Geopolimer adalah metode pembuatan beton tanpa menggunakan semen, dimana metode ini diharapkan mengurangi kadar CO₂ yang dihasilkan dari pembuatan semen. Pada penelitian ini geopolimer menggunakan campuran dari *fly ash* dengan aktivatornya yaitu NaOH yang berfungsi sebagai aktivator ikatan geopolimerisasi, dan Na₂SiO₃ sebagai katalisator. Geopolimer memiliki 2 metode yaitu konvensional (*wet*) dan *dry*.

Pada penelitian ini akan menggunakan benda uji berupa mortar berukuran 5cmx5cmx5cm dengan metode *dry*, dimana metode ini diharapkan lebih mudah diterapkan di lapangan. Penelitian ini bertujuan untuk mencari nilai kuat tekan tertinggi pada 7,14 dan 28 hari dengan metode kering pada kondisi rasio *fly ash* terhadap aktivatornya sebesar 4:1, dengan perbandingan aktivatornya 1:1, 1:1,5, 1:2, 1:2,5, 1:3, dan 1:3,5.

Hasil yang didapat dari pengujian kuat tekan, kekuatan tertinggi berada pada mix desain 3 atau perbandingan aktivator 1:3, dengan kuat tekan rata-rata pada 28 hari sebesar 17,40 MPa. Untuk uji ikat awal, mix desain 3 dengan perbandingan 1:3.

Kata Kunci: Geopolimer, *Dry Mixing*, kuat tekan, aktivator kering.

Abstract

*Developments in the science of research and technology have increasingly helped researchers find new breakthroughs in handling problems. One of them is the manufacture of geopolymer concrete. Geopolymers are a method of making concrete without using cement, where this method is expected to reduce the levels of CO₂ produced from making cement. In this study geopolymers used a mixture of fly ash with activators namely NaOH which functions as an activator of geopolymerization bonds, and Na₂SiO₃ as a catalyst. Geopolymers have 2 methods namely conventional (*wet*) and *dry*.*

In this study will use a test object in the form of a mortar measuring 5cmx5cmx5cm with the dry method, where this method is expected to be easier to apply in the field. This study aims to find the highest compressive strength at 7.14 and 28 days with the dry method in the condition of the fly ash ratio of the activator is 4: 1, with a ratio of activators 1: 1, 1: 1.5, 1: 2, 1: 2.5, 1: 3, and 1: 3.5.

The results obtained from the compressive strength test, the highest strength is in mix design 3 or 1: 3 activator ratio, with an average compressive strength at 28 days of 17.40 MPa. For the initial binding test, mix design 3 with a ratio of 1: 3.

Keywords: *Geopolymers, Dry Mixing, compressive strength, dry activator.*

PENDAHULUAN

Perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) pada saat ini sangatlah pesat. Hal ini terjadi karena terjadinya inovasi dan terobosan untuk membantu manusia dalam mengatasi berbagai permasalahan. Salah satu permasalahan yang disoroti adalah pencemaran lingkungan. Dampak paling nyata yang ditimbulkan dari

pencemaran alam adalah terjadinya *global warming*. *Global warming* atau efek rumah kaca merupakan proses pemanasan permukaan suatu benda langit (terutama planet atau satelit) yang disebabkan oleh komposisi dan keadaan atmosfernya (Joseph Fourier, 1824). Salah satu penyebab utama GHG (*Greenhouse Gas*) ini adalah emisi dari pembakaran bahan bakar fosil dan dari produksi semen dengan total mencapai 145% di atmosfer. Konsumsi

semen diprediksi akan meningkat 2,6% pada tahun 2017, dan 2,8% pada tahun 2018 (Widodo Santoso, 2018).

Beton dibuat dengan cara mencampur agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), maupun bisa diganti dengan agregat lainnya dan air, dengan semen portland. Campuran tersebut mengeras seperti batuan. Dalam tahapan pembuatan beton ini nantinya akan menghasilkan gas CO₂ dan mengakibatkan efek rumah kaca (*global warming*). Karena itu agar mengurangi efek buruk tersebut, material semen pada beton diganti menggunakan alternatif geopolimer.

Geopolimer adalah bahan pengganti semen, sehingga beton dan mortar nantinya tidak menggunakan semen sebagai bahan pembuatannya. Geopolimer terdiri dari *fly ash* hasil pembakaran batubara yang nantinya digunakan untuk membuat *binder* yang dibutuhkan pada campuran beton. Beton geopolimer terbentuk dari reaksi kimia dan bukan dari reaksi hidrasi seperti pada beton biasa. Di lain sisi, dalam konteks mengurangi *global warming*, teknologi geopolimer dapat mereduksi emisi CO₂ di atmosfer yang disebabkan oleh semen dan industri agregat sekitar 80% (Davidovits, 1994). Teknologi geopolimer yang diusulkan oleh Davidovits (1988) menunjukkan kebenaran pengaplikasian alternatif *binder* untuk *portland cement* pada industri beton (Wallah dan Rangan, 2006). Teknologi geopolimer terinspirasi dan mengingat jika ketersediaan *fly ash* sebagai limbah sangat banyak, dan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, maka dikembangkanlah penelitian mengenai *geopolymer cement binder* dengan metode *dry mixing*.

Metode *dry mixing* geopolimer ini diharapkan dapat menanggulangi kekurangan dari proses pada metode konvensional. Kelebihan dari *dry mixing* diantaranya pekerjaan yang lebih sederhana dari metode konvensional, pengerjaan dapat dilakukan di lapangan, dan pengerjaannya yang lebih cepat.

Pada penelitian sebelumnya, merekomendasikan kandungan abu terbang yang digunakan dalam *dry geopolymer* mortar metode *dry mixing* dengan rentang antara 60%-85% dengan aktivator sebesar 15%-40% (Ridho Bayuaji et. al., 2017).

Sehingga dalam penelitian ini akan menggunakan komposisi abu terbang sebesar 80% dan aktivator sebesar 20%. Disamping itu, dengan perbandingan komposisi yang tepat antara sodium hidroksida (NaOH) dengan sodium silikat (Na₂SiO₃) diharapkan mampu menghasilkan nilai kuat tekan mortar maksimum atau tertinggi saat uji kuat tekan.

KAJIAN PUSTAKA

Beton Geopolimer

Beton geopolimer adalah senyawa silikat alumino anorganik, yang disintesis dari bahan-

bahan produk sampingan seperti abu terbang (*fly ash*) yang banyak mengandung alumina dan silika (Davidovits, 1997). Beton geopolimer merupakan beton geosintetik yang reaksi pengikatannya terjadi melalui reaksi polimerisasi dan bukan melalui reaksi hidrasi seperti pada beton konvensional (Davidovits, 2005). Dalam proses geopolimer, terjadi reaksi kimia antara alumina-silikat oksida (Si₂O₅, Al₂O₂) dengan alkali polisilikat yang menghasilkan ikatan polimer Si-O-Al. Polisilikat umumnya berupa natrium atau kalium silikat yang diperoleh dari industri kimia atau bubuk silika halus sebagai produk sampingan dari proses ferro-silicon *metallurgy*.

Fly ash/Abu Terbang

Menurut ASTM C618 (ASTM, 1995:304) abu terbang (*fly ash*) didefinisikan sebagai butiran halus hasil residu pembakaran batubara atau bubuk batu bara. Banyaknya hasil material, hanya abu terbang dan *slag* telah terbukti menjadi sumber material yang dapat membuat geopolimer. Abu terbang dianggap menguntungkan karena reaktivitas partikelnya lebih halus daripada *slag*. Selain itu, abu terbang yang mengandung rendah kalsium lebih diharapkan dibandingkan *slag* yang digunakan sebagai bahan baku (Hardjito dan Rangan, 2005).

Aktivator

Aktivator merupakan senyawa yang digunakan agar terjadi reaksi polimerisasi kondensasi pada mortar geopolimer. Hidroksida yang terdapat pada aktivator akan bereaksi dengan SiO₂ dan Al₂O₃ dan membentuk ikatan gugus banyak (polimer) dengan mengeluarkan H₂O sebagai sisa proses polimerisasi. NaOH dan KOH dapat digunakan sebagai aktivator pada campuran mortar geopolimer. Untuk dapat digunakan pada campuran mortar geopolimer, aktivator yang berupa padatan harus dilarutkan ke dalam air disesuaikan dengan aktivator yang dikehendaki (Davidovits, 2008).

Sodium Silikat

Sodium silikat ditemukan pertama kali oleh Jahamn Nepomuk Von Fuch pada tahun 1825 di Munich, Jerman. (Na₂SiO₃) Sodium silikat adalah nama umum dari sodium metasilikat. Nama dagang yang biasanya dipakai untuk sodium silikat ini adalah *water glass* atau *liquid glass*. Sodium silikat tersedia di pasaran dalam bentuk cairan maupun dalam bentuk padatan. Beberapa contoh aplikasi penggunaan sodium silikat adalah industri pengolahan air, pemucat dan penyesuai ukuran pada tekstil dan industri kertas, pengelolah biji, memadatkan tanah, pembentuk gelas, pengeboran, pigmen, pengikat

pada roda ampelas/abrasi, pengecoran logam dan cetakan, zat tahan air pada mortar dan semen, pelapis peralatan kimia, meningkatkan ketahanan terhadap minyak, katalisator, bahan baku untuk silika gel, industri sabun dan deterjen, perekat (terutama untuk segel dan kertas laminating pada papan container), deflokuland pada industri keramik. Pada aplikasi untuk pembuatan mortar geopolimer, sodium silikat berfungsi sebagai katalisator yang berperan untuk mempercepat reaksi kimia. Sodium silikat akan menjadi katalisator dari aktivator yang dipakai dalam mortar geopolimer, misalnya sodium hidroksida (NaOH) dan kalium hidroksida (KOH).

Sodium hidroksida (NaOH)

Natrium Hidroksida (NaOH) merupakan salah satu senyawa ion yang bersifat basa kuat, kaustik dan memiliki sifat korosif dan higroskopik (suka menyerap air). Dalam kehidupan kita sehari-hari, senyawa ini biasa kita sebut dengan nama "soda api" atau "kaustik soda", namun untuk nama resmi atau nama perdagangannya senyawa ini biasa disebut dengan nama "Sodium Hidroksida". Tingkat kelarutan senyawa natrium hidroksida di dalam air cukup tinggi. Pada suhu 0°C, kelarutan natrium hidroksida berada pada kisaran 418 g/L. Pada suhu 20°C, kelarutan natrium hidroksida berada pada kisaran 1150 g/L. Jika dilihat dari data diatas, kita dapat menyimpulkan bahwa senyawa ini memiliki tingkat kelarutan yang sangat tinggi. Sodium hidroksida berfungsi untuk mereaksikan unsur-unsur Al dan Si yang terkandung dalam *fly ash* sehingga dapat menghasilkan ikatan polimer yang kuat.

Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai campuran mortar atau beton. Agregat ini kira-kira menempati sebanyak 70% dari volume mortar atau beton. Dari jenis, agregat dibedakan menjadi dua yaitu agregat alami dan agregat buatan (pecahan). Pada penelitian yang dilaksanakan digunakan dua agregat yaitu agregat halus dan kasar.

Agregat halus

Menurut Tjokrodinuljo (2007), agregat halus (pasir) adalah batuan yang mempunyai ukuran butir antara 0,15 mm–5 mm. Agregat halus dapat diperoleh dari dalam tanah, dasar sungai atau dari tepi laut. Oleh karena itu, pasir dapat digolongkan menjadi 3 macam, yaitu: pasir galian, pasir sungai dan pasir laut.

Air

Air merupakan bahan dasar penyusun mortar yang paling penting dan paling murah. Air berfungsi sebagai bahan pengikat (bahan penghidrasi *fly ash*

bersama dengan aktivator) dan bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mempermudah proses pencampuran agregat dan semen serta mempermudah pelaksanaan pengecoran mortar (*workability*). Proporsi air yang sedikit akan memberikan kekuatan pada mortar, tetapi kelemasan atau daya kerjanya akan berkurang. Secara umum air yang dapat digunakan dalam campuran adukan mortar adalah air yang apabila dipakai akan menghasilkan mortar dengan kekuatan lebih dari 90% dari mortar yang memakai air suling (ACI 318-83).

Mortar

Mortar adalah adukan yang terbuat dari campuran agregat halus (pasir), bahan perekat dan air. Bahan perekat tersebut dapat berupa tanah liat, kapur, *fly ash* maupun semen portland. Mortar diklasifikasikan menjadi 4 tipe dalam SNI 03-6882-2002 dan ASTM C 27 berdasarkan proporsi bahan yaitu antara lain mortar tipe M, S, N, dan O dimana masing-masing tipe tersebut terdiri atas agregat halus (pasir), air, dan semen.

Kuat tekan mortar

Pada aplikasi untuk pembuatan mortar geopolimer, sodium silikat berfungsi sebagai katalisator yang berperan untuk mempercepat reaksi kimia. Sodium silikat akan menjadi katalisator dari aktivator yang dipakai dalam mortar geopolimer, misalnya sodium hidroksida (NaOH) dan kalium hidroksida (KOH). Kekuatan tekan beton adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan (Mulyono, Tri, 2004). Rumus yang digunakan untuk mencari besarnya kuat tekan beton adalah sebagai berikut :

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

Dimana
 f_c' = kuat tekan (MPa)
 P = beban tekan (N)
 A = luas penampang benda uji (mm²).

$$\gamma_m = \frac{B_m}{V} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:
 γ_m = berat isi mortar, kg/ml
 B_m = berat benda uji, kg
 V = volume benda uji, ml

Metode Dry Mixing

Dalam geopolimer, terdapat dua metode yang pernah dilakukan, yaitu metode konvensional/*wet mixing*

dan *dry mixing*. Metode konvensional/*wet mixing* atau basah ini biasanya umum dilakukan dalam proses pembuatan beton geopolimer. Metode konvensional/*wet mixing* atau basah adalah bahan kimia untuk alkali aktivator, yaitu Sodium Silikat dan Sodium Hidroksida berbentuk larutan (*water glass*) (Abdullah et al, 2013). Berbeda dengan metode konvensional/*wet mixing*, metode pencampuran kering merupakan metode dimana bahan kimia alkali aktivator digiling bersamaan dengan bahan pozzolan dengan komposisi tertentu, sehingga menghasilkan suatu butiran halus mirip semen (semen geopolimer). Semen geopolimer ini cukup ditambahkan air saja dalam aplikasi penggunaannya (Tri Eddy, 2016).

METODE

Jenis Penelitian dan Rancangan Penelitian

Metode penelitian adalah suatu cara teratur yang digunakan dalam menjalankan suatu pekerjaan untuk mencapai hasil yang diinginkan.

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimental yaitu dengan melakukan percobaan penelitian terhadap paling sedikit satu variabel, kemudian mengontrol variabel lain yang relevan, dan menganalisis dampak atau pengaruhnya terhadap variabel tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi NaOH terhadap Na_2SiO_3 terhadap nilai kuat tekan *dry* geopolimer mortar metode *dry mixing* pada kondisi rasio abu terbang terhadap aktivator 4:1.

Populasi

Populasi pada penelitian ini adalah benda uji mortar berbentuk kubus dengan ukuran 50mmx50mmx50mm.

Sampel

Menurut Sugiyono (2013:118), sampel adalah bagian dari jumlah dan karakteristik yang dimiliki oleh populasi tersebut. Sampel pada penelitian ini menggunakan 9 benda uji untuk setiap variabel *mix* desain. Sehingga total sampel adalah 9x8, diperoleh 72 benda uji.

Lingkup Penelitian

Pada penelitian ini pengaruh variasi NaOH terhadap Na_2SiO_3 diharapkan menunjukkan pengaruhnya terhadap reaksi polimer yang terjadi selama proses pengerasan mortar geopolimer dengan bahan dasar abu terbang sebagai pengganti *Portland cement* dengan metode *dry mixing* dengan tujuan untuk memudahkan masyarakat dalam membuat semen geopolimer tanpa mengabaikan mutu beton yang dihasilkan.

Sasaran Penelitian

Sasaran dalam penelitian ini adalah guna mengatasi isu permasalahan lingkungan yakni *global warming* yang disebabkan oleh kadar karbondioksida (CO_2) yang semakin meningkat di atmosfer yang salah satunya disebabkan oleh pelepasan CO_2 oleh *Portland cement* selama proses hidrasi. *Portland cement* sendiri merupakan bahan penyusun beton.

Sampel Penelitian

Penelitian ini mencoba membuat variasi NaOH terhadap Na_2SiO_3 memperoleh kuat tekan tertinggi dengan kondisi rasio abu terbang terhadap aktivator 4:1.

Variabel Penelitian

Penelitian ini terdiri dari 3 jenis variabel:

- 1) Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi NaOH terhadap Na_2SiO_3 sebesar 1:1, 1:1.5, 1:2, 1:2.5, 1:3, dan 1:3.5 berdasarkan jurnal sebelumnya.
- 2) Variabel terikat pada penelitian ini adalah uji kuat tekan dan uji pengikatan awal.
- 3) Variabel kontrol pada penelitian ini adalah tipe abu terbang (*fly ash*) dan agregat halus.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, maka gradasi pasir yang digunakan berada pada zona 3.

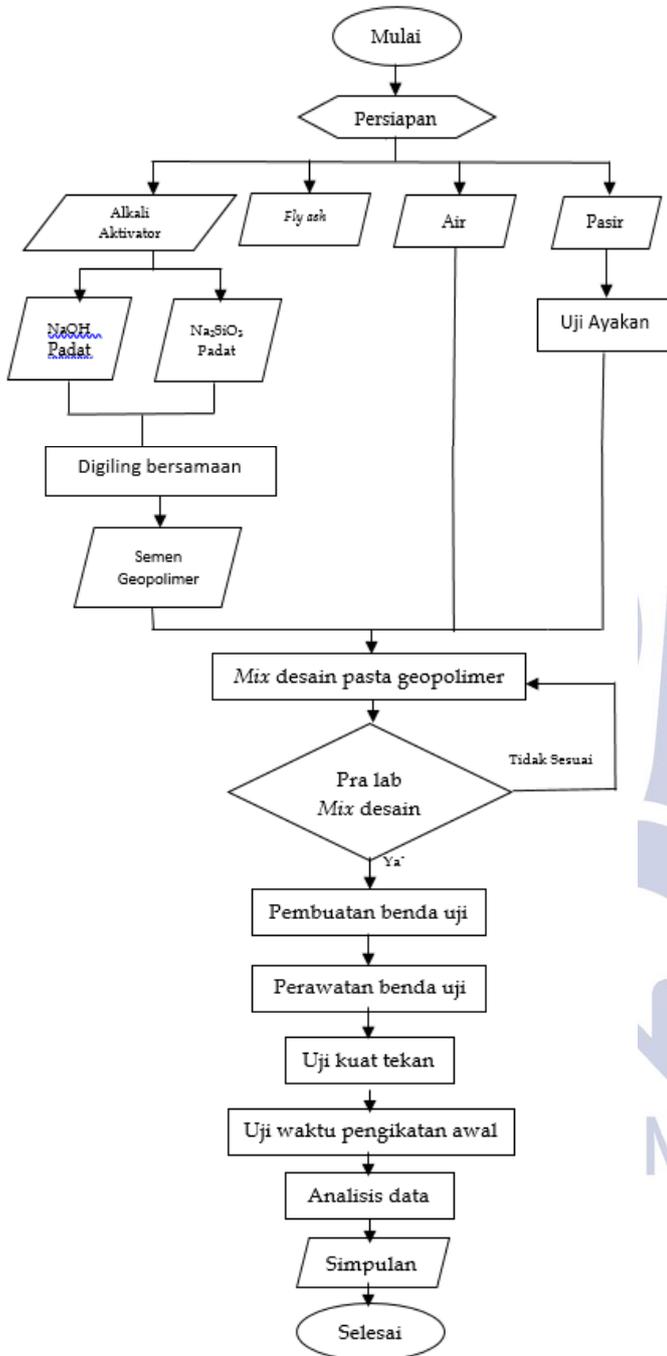
Definisi Operasional Variabel Instrumen Pengumpulan Data Metode Eksperimen

Variabel-variabel yang menentukan kuat tekan mortar geopolimer harus didefinisikan secara operasional agar dapat lebih mudah dipahami hubungan antara satu dengan lainnya serta dapat dijadikan pedoman dalam melakukan penelitian eksperimental di dalam laboratorium. Adapun variabel-variabel tersebut adalah:

- a. Abu terbang/*fly ash*
Abu terbang yang digunakan adalah abu terbang yang dijual di pasaran.
- b. Sodium Hidroksida (NaOH) dan Sodium Metasilikat (Na_2SiO_3)
Alkali aktivator yang digunakan adalah sodium hidroksida (NaOH) dan sodium metasilikat (Na_2SiO_3) yang dibeli di toko kimia dalam wujud padat.
- c. Kuat Tekan
Kuat tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton melampaui kekuatannya sehingga hancur bila diberi gaya tekan tertentu.
- d. Uji pengikatan awal
Uji pengikatan awal adalah agar dapat mengetahui lamanya waktu ikat awal (*setting time*), yaitu waktu yang dibutuhkan pasta geopolimer dari menjadi plastis dari kondisi tidak plastis.

Metode Eksperimen

Adapun langkah-langkah penelitian disajikan dalam *flowchart* sebagai berikut:



Gambar 1. Flow chart penelitian

Teknik Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, teknik pengumpulan data yang digunakan adalah dengan uji kuat tekan dan uji *X-Ray*.

a. Uji kuat tekan

Pengumpulan data pada uji kuat tekan terdiri dari mencatat lokasi dimana benda uji dibuat, tanggal pembuatan benda uji, nama benda uji dan berat benda uji. Langkah-langkah pengujian dan pencatatan nilai kuat tekan seperti yang diatur dalam ASTM C 39/C39M-05.

b. Uji XRF (*X-Ray Fluorescent*)

XRF bertujuan untuk mengetahui secara kualitatif dan kuantitatif kandungan unsur suatu material (Karyasa, 2013). Pengujian ini digunakan untuk mengetahui komposisi kimia. Analisis unsur kimia terhadap sampel akan diteliti menggunakan uji ini. Uji XRF dapat menganalisa unsur-unsur apa saja yang membangun dari prekursor atau aktivator yang digunakan. Untuk pengujian geopolimer berbasis abu terbang, hasil pengujian XRF digunakan sebagai penentu tipe abu terbang yang digunakan (*low calcium* atau *high calcium*).

c. Uji Waktu Pengikatan Awal

Uji pengikatan awal ini bertujuan untuk mendapatkan waktu ikat awal semen geopolimer. Pengujian ini dilakukan berdasarkan SNI 03-6827-2002.

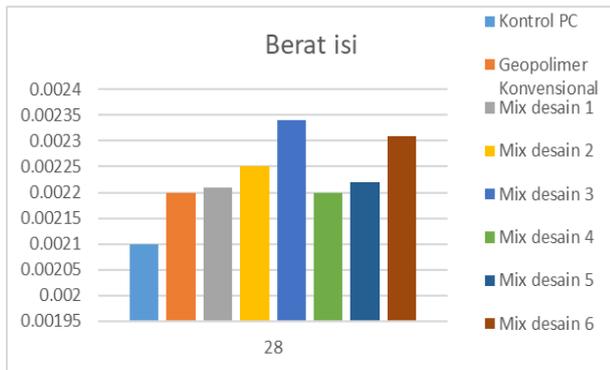
HASIL DAN PEMBAHASAN

Berat isi berbanding dengan kuat tekan

Perbandingan berat isi dilakukan agar mengetahui pengaruh berat isi terhadap kuat tekan. Berat isi mortar adalah berat mortar (kg) dibagi volume mortar (ml). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan hasil seperti berikut:

Tabel 1. Hubungan massa aktivator dengan kuat tekan

Variabel	Berat isi (kg/ml)			Kuat tekan rata-rata (MPa)
	7	14	28	
Kontrol PC	0.0022	0.0021	0.0021	24.86
Geopolimer konvensional/wet mixing	0.0023	0.0023	0.0022	33.15
Mix desain 1	0.0021	0.0023	0.0022	5.98
Mix desain 2	0.0024	0.0022	0.0023	16.11
Mix desain 3	0.0023	0.0022	0.0023	17.40
Mix desain 4	0.0022	0.0022	0.0022	17.02
Mix desain 5	0.0022	0.0023	0.0022	16.99
Mix desain 6	0.0021	0.0022	0.0023	16.39



Gambar 2. Grafik berat isi mortar terhadap umur mortar

Berdasarkan Tabel dan Grafik di atas, berat isi/volume *dry geopolimer mortar* cenderung hampir sama dengan konvensional/*wet mixing* dan semen biasa (*portland cement*) walaupun adanya pengantian material dari penyusun *dry geopolimer* itu sendiri. Dari data diatas juga dapat diketahui semakin tinggi kuat tekan mortar, semakin tinggi juga berat isi yang dimiliki. Seperti pada *mix* desain 3 dengan kuat tekan tertinggi saat 28 hari (17,40 MPa) dengan berat isi 0,0023 kg/ml.

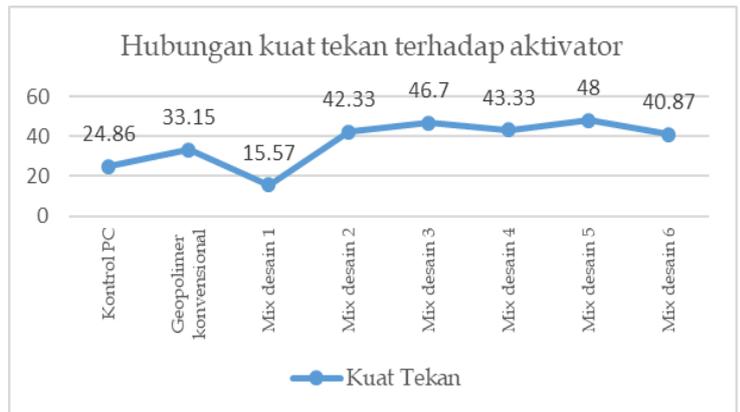
Dari tabel 1 dapat dilihat bahwa *mix* desain *dry geopolimer* yang memiliki kuat tekan rata-rata tinggi memiliki berat isi yang tinggi juga. Tetapi berat isi yang tinggi belum tentu memiliki kuat tekan tinggi dikarenakan di dalam mortar masih banyak rongga-rongga yang tidak terisi. Semakin keras benda uji maka semakin kuat juga kuat tekannya.

Hubungan antar jumlah aktivator dengan kuat tekan

Pada pembahasan ini menjelaskan pengaruh jumlah aktivator terhadap kuat tekan mortar *dry geopolimer*. Berikut tabel hubungan aktivator dengan kuat tekan:

Tabel 2. Hubungan massa aktivator dengan kuat tekan

No	Variabel <i>Mix</i> Desain	Massa (gram)		Kuat Tekan rata-rata (MPa)
		NaOH	Na ₂ SiO ₃	
1	<i>Mix</i> desain 1 (1:1)	140.625	140.625	5.98
2	<i>Mix</i> desain 2 (1:1,5)	112.500	168.750	16.11
3	<i>Mix</i> desain 3 (1:2)	93.375	187.875	17.40
4	<i>Mix</i> desain 4 (1:2,5)	79.875	201.375	17.02
5	<i>Mix</i> desain 5 (1:3)	69.750	211.500	16.99
6	<i>Mix</i> desain 6 (1:3,5)	63.000	218.250	16.39



Gambar 3 Grafik Hubungan massa aktivator dengan kuat tekan

Dari tabel dan grafik diatas didapat kesimpulan adanya kenaikan kuat tekan seiring bertambahnya Na₂SiO₃. Hal ini dikarenakan adanya silika yang ada pada Na₂SiO₃. Semakin banyak silika, maka semakin tinggi kuat tekan. Pada penelitian ini variabel *mix* desain 2 memiliki kuat tekan tertinggi dengan kekuatan 17,400 MPa. Namun untuk variabel selanjutnya mengalami kenaikan dan penurunan kuat tekan. Hal ini dapat diakibatkan karena adanya beberapa faktor saat pembuatan benda uji. Faktor-faktor tersebut mulai dari suhu ruangan saat pembuatan benda uji, jumlah rojokan saat membuat mortar, maupun perawatan saat *curing*.

Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya kuat tekan antara lain:

1. Proporsi bahan-bahan penyusun

Di dalam komposisi campuran beton geopolimer terdapat agregat, air, bender NaOH, modulus alkali, kadar aktivator, faktor air *binder*, dan lain-lain. Proporsi bahan-bahan penyusun ditentukan melalui *mix design*.

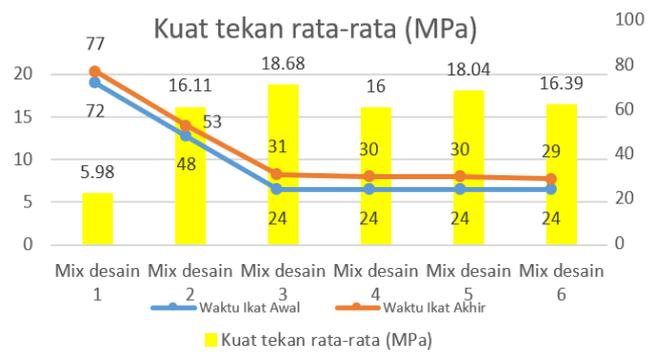
2. Metode perancangan (*mix design*)

Standar perancangan bahan susun beton geopolimer belum ada sampai saat ini, sehingga dibutuhkan metode pendekatan, salah satunya dapat digunakan perancangan beton konvensional, yang dihitung berdasarkan SK- SNI 03-2834-2002. Prinsip utama dalam perancangan campuran beton geopolimer yaitu penggantian pasta (semen + air) dengan (prekursor + aktifator + air).

3. Perawatan (*curing*)

Perawatan berfungsi untuk menghindari panas hidrasi yang tidak diinginkan, terutama yang disebabkan oleh suhu. Sifat beton yang akan dihasilkan, terutama dari segi kekuatannya, ditentukan oleh alat dan bahan yang digunakan pada proses *curing*.

Dari data-data diatas dapat diketahui semakin banyak komposisi Na_2SiO_3 , maka semakin banyak juga silika yang ada pada ikatan. Silika inilah yang semakin membuat kuat tekan naik (tidak terlalu signifikan). Campuran akitvator NaOH dan Na_2SiO_3 dengan *fly ash* bertujuan mengganti semen yang memiliki kadar SiO_2 yang tinggi. Parameter proses geopolimerisasi adalah reaktan yang digunakan, yaitu SiO_2 , H_2O , dan NaOH. SiO meningkatkan kuat tekan namun keberadaan H_2O justru memperlemahnya. NaOH membantu mengoptimalkan kuat tekan namun NaOH berlebih justru menghambat solidifikasi *geopolymer*.



Gambar 4. Grafik Hubungan antara kuat tekan dan *setting time*

Tabel 3. Kuat tekan rata-rata saat 28 hari (MPa)

No	Variabel	Kuat tekan rata-rata saat 28 hari (MPa)
1	Kontrol PC	24.86
2	Geopolimer konvensional/ <i>wet mixing</i> 12 M	33.15
3	Mix desain 1	5.98
4	Mix desain 2	16.11
5	Mix desain 3	17.40
6	Mix desain 4	17.02
7	Mix desain 5	16.99
8	Mix desain 6	16.39

Hubungan antar *setting time* dengan kuat tekan

Pada pembahasan ini menjelaskan hubungan antara *setting time* dan kuat tekan mortar *dry* geopolimer. Berikut tabel hubungan aktivator dengan kuat tekan.

Tabel 4. Waktu ikat awal dan akhir *mix* desain mortar

No	Variabel	Waktu Ikat Awal	Waktu Ikat Akhir	Kuat tekan rata-rata (MPa)
1	Mix desain 1	72 jam	75 jam	5.98
2	Mix desain 2	48 jam	50 jam	16.11
3	Mix desain 3	24 jam	27 jam	17.40
4	Mix desain 4	24 jam	27 jam	17.02
5	Mix desain 5	24 jam	27 jam	16.99
6	Mix desain 6	24 jam	27 jam	16.39

Berdasarkan Gambar 4. grafik di atas dapat disimpulkan bahwa semakin banyak silika yang terdapat di *mix* desain, semakin cepat juga proses pengikatan awal dan pengikatan akhir. Dilihat dari *mix* desain 1 hingga 6, *mix* desain 1 memiliki waktu ikat awal terlama yaitu hingga 72 jam dan mulai *mix* desain 3 hingga 6 sudah membutuhkan hanya waktu 24 jam untuk mengeras. Kandungan kimia *fly ash* turut mempengaruhi dalam *setting time* dan kuat tekan beton. Secara umum, penggunaan *fly ash* pada mortar menyebabkan peningkatan *setting time*. Kekuatan *geopolymer* meningkat seiring dengan peningkatan kandungan silika (SiO_2). NaOH mampu membantu mengoptimalkan kuat tekan, namun kelebihan NaOH memperlemah solidifikasi geopolimer.

Pada saat *geopolymer* mengeras, *fly ash* menyerap panas yang timbul dari hidrasi untuk mempercepat reaksi pozzolanic, dengan demikian mendorong terjadinya reaksi antara *fly ash* dengan *calcium* dan oksida alkali yang ada. Penggunaan *fly ash* juga memungkinkan untuk memperlambat *setting time*. Waktu *setting time* yang lebih panjang dapat meningkatkan perubahan dari keretakan susut plastis permukaan pada kondisi tingkat penguapan udara yang tinggi. Kandungan SiO_2 dan Na_2O dari *geopolymer* memberikan pengaruh terhadap sifat fisik dari *geopolymer*, dimana jika rasio $\text{Na}_2\text{O}/\text{SiO}_2$ menurun maka kehomogenan dan kerapatan mikrostruktur akan meningkat. Penurunan angka banding $\text{Na}_2\text{O}/\text{SiO}_2$ sampai batas kandungan Na_2O tertentu juga mengakibatkan peningkatan kuat tekan *geopolymer*.

Kandungan Na_2O yang sangat kecil akan memperlemah kuat tekan karena kecilnya komponen yang berperan untuk proses pelarutan unsur silikon dan alumina dari abu layang untuk membentuk *geopolymer*, tetapi kandungan Na_2O yang sangat tinggi juga akan memperlemah kuat tekan dan meningkatkan heterogenitas serta menurunkan kerapatan mikrostruktur *geopolymer*. Semakin lama waktu ikat dan semakin tinggi suhu ikat

akan memperkuat kuat tekan dari beton. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, *setting time* dan kadar pori tertutup serta kuat tekan pada *binder* dengan semakin tinggi rasio sodium silikat terhadap sodium hidroksida, menghasilkan nilai yang tidak berbanding linear. (Ningtyas, 2010).

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada dosen pembimbing dalam penelitian ini Bapak Arie Wardhono yang telah membimbing serta memfasilitasi penelitian ini.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dijelaskan, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Semakin tinggi kuat tekan, berpengaruh pada berat isi yang dimiliki. Hal ini terlihat pada *mix* desain 3 dengan perbandingan 1:2 rasionya, memiliki berat isi terbesar dan kuat tekan terbesar.
2. Hasil kuat tekan maksimum pada kondisi rasio abu terbang terhadap aktivator sebesar 4:1 adalah 17,400 MPa yang terdapat pada variasi *mix* desain 3 yaitu dengan rasio sodium hidroksida (NaOH) terhadap sodium silikat (Na_2SiO_3) sebesar 1:2.
3. Kuat tekan *dry* geopolimer mortar dipengaruhi oleh banyaknya kandungan silika di dalamnya. Semakin tinggi silika dapat membuat kuat tekan pada mortar semakin tinggi. Namun silika yang terlalu tinggi juga dapat memperkecil kuat tekan.
4. Waktu pengikatan *dry* geopolimer mortar tercepat pada variasi *mix* desain 3 dengan rasio sodium hidroksida (NaOH) terhadap sodium silikat (Na_2SiO_3) sebesar 1:2 karena semakin banyak kandungan silika di dalam mortar maka pengikatan akan semakin cepat.
5. Waktu pengikatan *dry* geopolimer mortar cenderung lebih lambat dibandingkan dengan waktu pengikatan *portland cement* dan geopolimer konvensional.

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, M. M., et al, dkk. 2013. *Asas Geopolimer (Teori & Amali)*. Perlis: Unit Penerbitan Universiti Malaysia Perlis.

ACI parts 1 226.3R-3. 1993. *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavy, Weight and Mass Concrete*, Washington, D.C.

ASTM C 1329-03. *Standard Specification for Mortar Cement*.

ASTM C 618-03. *Standard Specification for Coal Fly ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete*.

Bakri, dkk. 2012. *Analisis Variasi Panjang Serat Terhadap Kuat Tarik dan Lentur pada Komposit yang Diperkuat Agave angustifolia Haw*. Jurnal Mekanikal, Vol. 3 No. 1: Januari 2012: 240-244.

Bayuaji, Ridho, Yasin, Abdul Karim, Susanto, Tri Eddy, & Darmawan, M. Sigit. (2017). "A Review in Geopolymer Binder with Dry Mixing Method (Geopolimer Cement)". *American Institute of Physics*.

Davidovits, J. 1994. Properties of Geopolymer Cements. First International Conference on Alkaline Cements and Concretes, SRIBM, Kiev State Technical University, Kiev, Ukraine.

Davidovits, J., 2008, *Geopolymer: Chemistry and Applications*, Perancis: Geopolymer Institute.

Dipohusodo, Istimawan. 1999. *Struktur Beton Bertulang*. Gramedia Pustaka Utama: Jakarta.

Fansuri, H., Swastika, N., & Atmaja, L. (2008). Pembuatan dan Karakterisasi Geopolimer dari Bahan Abu Layang PLTU Paiton. *Akta Kimindo*, 3, 61-66.

Garcia-Loreido, I., Palomo, A. & Fernandez-Jimenez, A. Alkali-aggregate reaction in activated fly ash systems. *Cement & Concrete Research*. 2007. 37: 175-183.

Hardjito, D., Wallah, S. E., Sumajouw, M. J., Rangan, B. V, (2004), "Factors Influencing The Compressive Strength of Fly ash-Based Geopolymer Concrete", *Dimensi Teknik Sipil*, Vol. 6, No. 2, hal. 88-93.

Mulyono, Tri. (2004). *Teknologi Beton*. Penerbit ANDI. Yogyakarta.

Olivia, M. 2011. Durability related properties of low calcium fly ash based geopolymer concrete. Tesis PhD, School of Civil and Mechanical Engineering Department of Civil Engineering, Curtin University of Technology, Perth, Australia.

Santoso, Widodo. 2018. *Konsumsi di daerah mengerek volume penjualan semen kuartal I-2018*, (Online), <https://industri.kontan.co.id/news/konsumsi-di-daerah-mengerek-volume-penjualan-semen-kuartal-i-2018>, diakses Oktober 2017).

SNI 03-6825-2002. "Uji Kuat Tekan Mortar".

SNI 2460-2014. "Spesifikasi Abu Terbang Batubara dan Pozzolan Alam Mentah atau Telah Dikalsinasi untuk Digunakan dalam Beton".

SNI-1970-2008. "Cara Uji Bera Jenis dan Peyerapan Air Agregat Halus".

Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.CV

Tjokrodimuljo, K., 1996, "*Teknologi Beton*", Nafiri.
Yogyakarta

Tjokrodimuljo, K., 2007, *Teknologi Beton*, Biro Penerbit
Teknik Sipil Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil
dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta.

