

PENGARUH PENAMBAHAN *SUPER PLASTICIZER* TERHADAP KUAT TEKAN DAN POROSITAS BETON GEOPOLIMER DENGAN NaOH 12M

Emir Musa

Mahasiswa S1 Teknik Sipil, Teknik Sipil,
Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : emirmusa085@yahoo.com

Arie Wardhono.

Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Abstrak

Beton geopolimer adalah beton yang menggunakan abu terbang sebagai bahan utama, beton geopolimer dapat dijadikan alternatif untuk pengganti beton konvensional karena sifatnya yang ramah lingkungan dan tidak menghasilkan gas CO₂. Untuk meningkatkan kuat tekan beton geopolimer dilakukan berbagai upaya salah satunya adalah penambahan bahan aditif *superplasticizer* (SP).

Penelitian ini mempelajari pengaruh variasi kadar SP terhadap nilai kuat tekan dan porositas beton geopolimer. Material yang digunakan adalah abu terbang kelas C, aktivator sodium hidroksida (NaOH) 12M dan Sodium Silikat (Na₂SiO₃) dengan perbandingan NaOH/ Na₂SiO₃ sebesar 1,5. SP yang digunakan adalah merek Sika Viscocrete 1003 yang dikategorikan aditif tipe F. Penelitian yang dilakukan meliputi uji XRF pada abu terbang, uji vikat untuk binder beton geopolimer, uji slump untuk beton geopolimer segar, pemeriksaan berat volume, uji tekan dan uji porositas pada beton usia 3, 7, dan 28 hari.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk varian campuran beton geopolimer dengan penggunaan SP dapat memperlambat *setting time* awal binder geopolimer dari 30 menit untuk penambahan SP 0.5% hingga 39 menit untuk penambahan SP 2.0%. Uji porositas didapatkan SP dapat meningkatkan nilai porositas beton geopolimer pada hampir keseluruhan benda uji. Dari uji tekan didapatkan bahwa SP dapat meningkatkan kuat tekan beton geopolimer hingga rata-rata maksimum 13.58 MPa pada usia 28 Hari.

Kata kunci: Beton geopolimer, Abu terbang, *Superplasticizer* (SP), Porositas, Kuat tekan

Abstract

Geopolymer concrete is a concrete that uses fly ash as the main material, geopolymer concrete can be used as an alternative to conventional concrete replacement because it is environmentally friendly and does not produce CO₂ gas. To increase the compressive strength of geopolymer concrete made various efforts one of them is the addition of superplasticizer (SP) additive.

This study studied the effect of SP variation on the value of compressive strength and porosity of geopolymer concrete. The materials used are C class fly ash, 12M sodium hydroxide (NaOH) and Sodium Silicate (Na₂SiO₃) activator with NaOH/ Na₂SiO₃ ratio equal 1,5. SP used is the Sika Viscocrete 1003 brand categorized type F additive. The research includes XRF test on fly ash, vikat test for geopolymer concrete binder, slump test for fresh geopolymer concrete, volume weight check, compression test and porosity test on concrete ages 3, 7, and 28 days.

The results showed that for the mixed variant of geopolymer concrete with the use of SP can slow the initial time setting of the geopolymer binder from 30 minutes for the addition of SP 0.5% to 39 minutes for the addition of SP 2.0%. The porosity test obtained by SP can increase the porosity value of geopolymer concrete on almost all specimens. From the compression test it was found that SP can increase the compressive strength of geopolymer concrete up to a maximum average of 13.58 MPa at 28 days.

Keywords: Geopolymer concrete, Flying Ash, Superplasticizer, Porosity, compressive strength

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Beton menjadi salah satu bahan yang paling banyak digunakan untuk pembangunan bangunan berstruktur. Beton umumnya terdiri dari campuran semen, agregat kasar, agregat halus dan air. Material tersebut mudah didapat dan sudah diproduksi secara lokal.

Beton unggul menahan tekan yang tinggi, juga mudah dibentuk, rigid dan lebih ekonomis daripada penggunaan baja untuk struktur tekan. Selain itu beton juga memiliki sifat-sifat dasar yang dapat dikembangkan secara luas, sehingga dapat menghasilkan berbagai variasi beton untuk berbagai macam kondisi. Contohnya saja adalah beton ringan, beton mutu tinggi, beton tahan asam, dan beton geopolimer.

Permasalahan yang timbul adalah kebutuhan beton yang sangat tinggi, berbanding lurus dengan meningkatnya permintaan semen. Padahal, penggunaan semen juga menghasilkan residu CO₂ yang cukup besar. Setidaknya memproduksi 1 ton semen sama dengan memproduksi 1 ton CO₂ ke dalam udara. Sehingga semen juga mempunyai andil dalam peningkatan suhu permukaan Bumi (Davidovits, 1991).

Di sini para akademisi dan praktisi dibidang teknik sipil sangat dituntut peranannya untuk ikut memecahkan permasalahan tersebut dengan melakukan berbagai inovasi bahan bangunan sehingga mampu memberikan alternatif pengganti semen.

Salah satu alternatif pemecahan masalah di atas dengan menggunakan beton geopolimer. Beton geopolimer adalah beton yang pengikatnya 100% tidak menggunakan semen. Beton geopolimer ini terbentuk dari reaksi kimia antara abu terbang dan aktivator tertentu. Beton geopolimer ini terbentuk dari reaksi kimia dan bukan dari reaksi hidrasi seperti pada beton biasa (Davidovits, 1994).

Dalam pembuatan geopolimer dibutuhkan larutan alkali yang berfungsi sebagai pengaktif reaksi polimerisasi dari silica (Si) dan alumina (Al) yang terkandung dalam abu terbang. Larutan alkali yang biasanya digunakan dalam beton geopolimer adalah sodium hidroksida (NaOH) atau kalium hidroksida (KOH) dengan sodium silikat (Na₂SiO₃) (Juan dkk, 2017)

Abu terbang merupakan limbah yang dihasilkan oleh industri salah satunya seperti industri kertas leces dan PLTU. Jumlah abu terbang cukup berarti,

sebagaimana misal jumlah abu terbang di salah satu PLTU yang bisa menyumbang 2 juta ton per tahun dan dari data terakhir, Februari 2013 jumlah abu terbang di industri kertas leces berkisar 60 ton per hari (Triwulan & Januarti, 2014).

PLTU terbesar di pulau Jawa Timur yang masih menggunakan batubara sampai saat ini adalah PLTU Paiton unit 1 dan 2, Probolinggo. Jumlah konsumsi batu bara khususnya Paiton unit 1 dan 2 berkisar 3,47 juta dan semakin meningkat setiap tahunnya (Paramita, 2017).

Dengan adanya pemanfaatan abu terbang pada beton, diharapkan mampu mengurangi penggunaan semen, melindungi lingkungan dari limbah abu terbang, sekaligus dapat menyelesaikan permasalahan polusi CO₂.

Pada penelitian yang telah ada sebelumnya beton geopolimer cenderung memiliki *workability* yang rendah. Hal tersebut membuat beton geopolimer kurang diminati sebagai bahan konstruksi.

Beton geopolimer cukup sulit dikerjakan karena memiliki sifat yang lengket dan cepat mengeras. Oleh karena digunakan bahan adiktif tambahan yaitu *superplasticizer* untuk meningkatkan kuat tekan dan *workability* beton geopolimer.

Superplasticizer merupakan bahan adiktif yang sering digunakan untuk campuran beton mutu tinggi. Pada umumnya adiktif tersebut dimaksudkan untuk mengurangi faktor air semen dalam beton, sehingga dapat meningkatkan kuat tekan beton secara signifikan. Namun pada penelitian ini *superplasticizer* digunakan untuk meningkatkan kuat tekan sekaligus *workability* beton geopolimer secara langsung. Berdasarkan hal tersebut penulis ingin membuat penelitian dengan judul "Pengaruh Penambahan *Superplasticizer* terhadap Kuat Tekan dan Porositas Beton Geopolimer dengan NaOH 12M".

Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, maka permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Apakah pengaruh *superplasticizer* terhadap beton geopolimer ?
2. Berapa nilai porositas beton geopolimer dengan penambahan *superplasticizer* pada variasi yang sudah ditentukan ?
3. Berapa nilai kuat tekan yang dihasilkan beton geopolimer dengan penambahan *superplasticizer* pada variasi yang sudah ditentukan ?

Batasan Masalah

Untuk menghindari kesalahan penelitian sesuai dengan tujuan yang dimaksud, maka dalam penelitian ini diperlukan adanya batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Benda uji yang dibuat adalah berbentuk silinder diameter 10 cm tinggi 20 cm untuk uji tekan dan

- silinder diameter 10 cm tinggi 10 cm untuk uji porositas
2. Setiap pengujian satu variasi dibuat 5 benda uji, 3 benda uji untuk uji tekan dan 2 benda uji untuk uji porositas
 3. *Superplasticizer* yang digunakan adalah *superplasticizer* tipe F dengan merek Sika Viscocrete 1003
 4. Abu terbang yang digunakan adalah abu terbang kelas C yaitu abu terbang yang dihasilkan dari pembakaran batu bara (ASTM C 618)
 5. Aktivator yang digunakan adalah sodium hidroksida (NaOH) dengan kadar 12M dan sodium silikat (Na_2SiO_3)
 6. Pemeriksaan abu terbang akan dilakukan di Universitas Negeri Malang
 7. Agregat kasar yang digunakan adalah ukuran 10 mm
 8. Pemeriksaan terhadap pasir meliputi pemeriksaan agregat, berat jenis pasir dan kandungan lumpur pasir
 9. Pengujian dilakukan pada umur beton 3, 7, dan 28 hari

Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini sesuai dengan permasalahan yang diangkat adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh *superplasticizer* terhadap beton geopolimer
2. Untuk mengetahui nilai porositas beton geopolimer dengan penambahan *superplasticizer* pada variasi yang sudah ditentukan
3. Untuk mengetahui nilai kuat tekan yang dihasilkan beton geopolimer dengan penambahan *superplasticizer* pada variasi yang sudah ditentukan

Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan masyarakat diantaranya adalah dapat diketahui pengaruh dari penggunaan *superplasticizer* dan binder (abu terbang + activator) dalam pembuatan beton geopolimer, didapatkan data komposisi antara abu terbang, aktivator dan *superplasticizer* untuk menghasilkan kuat tekan optimum sesuai dengan kuat tekan yang diinginkan, dapat memberikan kontribusi terhadap perkembangan ilmu Teknik Sipil khususnya dibidang ilmu bahan bangunan, dapat memberikan alternatif bagi dunia konstruksi khususnya dan masyarakat pada umumnya dalam penggunaan bahan bangunan dan dapat mengurangi penggunaan semen sekaligus menekan produksi CO₂ oleh semen

METODE

Pendekatan Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah jenis penelitian kuantitatif dengan melakukan uji coba pada bahan uji yang dibuat dengan berbagai perlakuan. Penelitian ini berasal dari berbagai sumber yang sudah ada dalam berbagai jurnal ilmiah untuk selanjutnya dilakukan pengembangan lebih lanjut dengan merancang komposisi penambahan *superplasticizer* pada beton geopolimer.

Analisis data adalah proses penyerdahaan data ke dalam bentuk yang lebih mudah dibaca dan diinterpretasikan. Dalam proses ini dipakai Microsoft Excel untuk menyajikan data menjadi lebih informatif dan lebih sederhana. Setelah itu dilakukan pembahasan terhadap hasil yang diperoleh dari penelitian tersebut untuk kemudian ditarik kesimpulan.

Lokasi Penelitian

1. Uji Bahan
 - Uji gradasi krikil dan pasir kerikil dilakukan di laboratorium beton Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya
 - Uji jarum vikat untuk binder dilakukan di laboratorium beton Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya
 - Uji *X-Ray Fluoresence* pada abu terbang dilakukan di Universitas Negeri Malang
2. Pembuatan Benda Uji
Pembuatan benda uji untuk uji tekan sebanyak 45 buah dan uji porositas sebanyak 30 buah dilakukan di lab beton Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya
3. Uji Kuat Tekan dan Uji Porositas
Uji kuat tekan menggunakan mesin uji tekan beton berkapasitas 10000 KN. Uji porositas menggunakan alat ukur berat dan pengeringan dengan oven dengan suhu 110°C, keduanya dilakukan di lab beton Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini adalah :

1. Uji Laboratorium
Uji laboratorium dilakukan dengan menguji benda uji yang sudah dibuat dan diberi perlakuan yang dilakukan pada laboratorium yang sudah terstandar.

2. Studi Literatur

Studi Literatur dilakukan dengan mempelajari teori – teori dan konsep – konsep dari sejumlah literatur baik buku, jurnal ilmiah, peraturan pemerintah, maupun informasi dari internet yang mendukung penelitian ini.

Bahan dan Alat

▪ Bahan beton geopolimer:

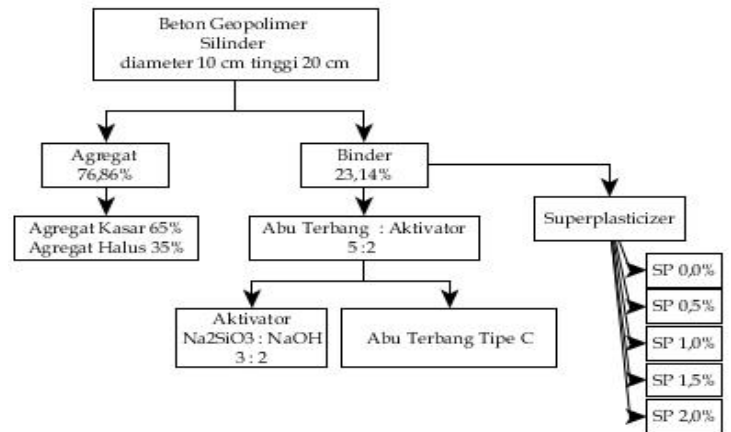
1. Agregat kasar yang digunakan adalah yang gradasi bervariasi (tanpa uji kimia) dan berkadar air SSD (*saturated surface dry*)
2. Agregat halus yang digunakan adalah pasir galangan yang sudah dibersihkan dan bebas bahan kimia, bahan organik, dan gradasi bervariasi dengan kadar air SSD
3. Air yang digunakan adalah air dari instalasi air bersih Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya
4. Bahan aditif yang digunakan adalah *superplasticizer* dengan merek Sika Viscocrete-1003
5. Abu terbang yang digunakan adalah abu terbang kelas C yang dihasilkan dari pembakaran batu bara
6. Aktivator yang digunakan adalah Sodium Silikat (Na_2SiO_3) dan Sodium Hidroksida (NaOH) 12 M

▪ Alat pembuatan geopolimer:

1. Timbangan digunakan adalah timbangan digital dengan ketelitian 0.1 gram
2. Gelas Ukur, digunakan untuk mengukur banyaknya air yang digunakan untuk adukan, mengukur takaran NaOH 12M dan Na_2SiO_3
3. Mangkok dan sendok
4. Cetakan silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm digunakan untuk mencetak benda uji beton
5. Jangka sorong digunakan untuk mengukur semua dimensi benda uji
6. Alat perojok beton digunakan untuk meratakan adukan agar tidak ada rongga dalam benda uji
7. *Universal Hydraulic Testing Machine*, digunakan untuk menguji kuat tekan beton ringan Geopolimer

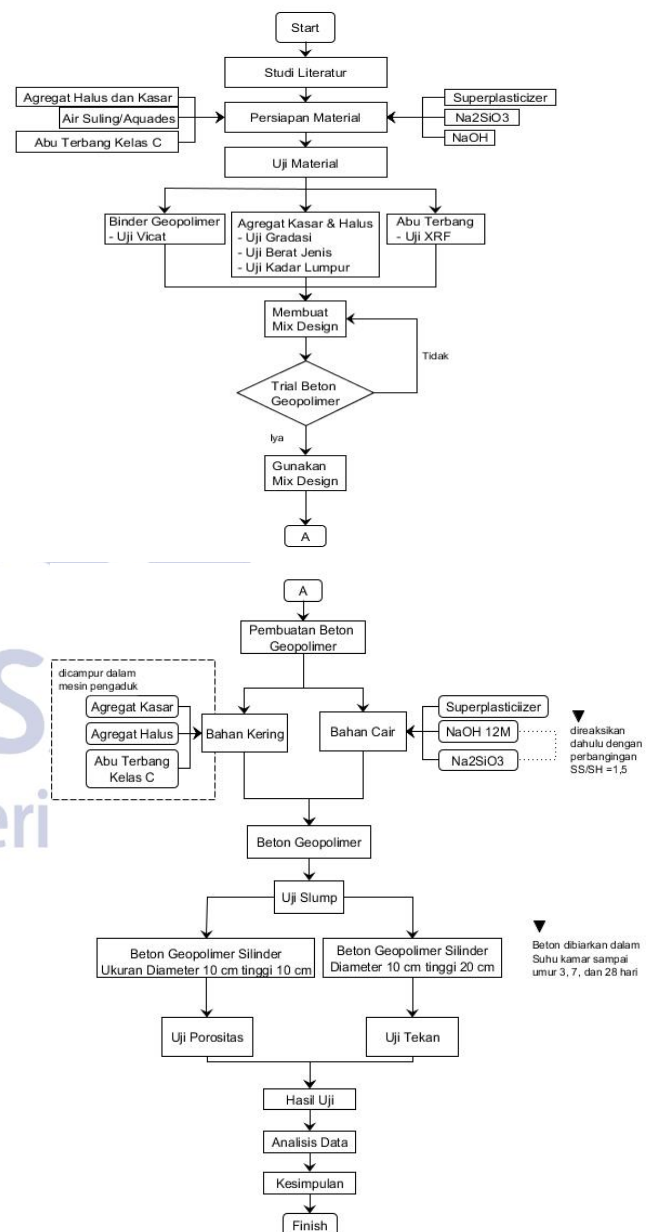
Mix Design

Desain campuran (Mix Design) mengacu pada penelitian Nath, Pradip dan Prabir Kumar Sharker (2014). Pada penelitian ini perbandingan agregat dengan binder pada campuran beton adalah:



Gambar 1 Dasar pembuatan mix design

Flowcart Tahapan Penelitian



Gambar 2 Flowchart pembuatan beton geopolimer

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Material

1. Pembuatan NaOH 12M

Maka untuk mendapatkan sodium hidroksida (NaOH) dengan konsentrasi 12 M didapatkan perhitungan sebagai berikut:

$$12 \text{ M} = \frac{W_{\text{NaOH}}}{40} \times \frac{1 \text{ (liter)}}{1 \text{ (liter)}}$$
$$W_{\text{NaOH}} = 12 \times 40 = 480 \text{ gr}$$

Sehingga untuk mendapatkan NaOH dengan kadar 12 M adalah dengan mencampur 1 liter air dengan 480 gr Kristal NaOH.

2. Pengamatan uji gradasi pada pasir

Dalam pengujian gradasi pada pasir, menggunakan pasir hitam lumajang yang secara visual memiliki kadar lumpur yang sangat rendah. Didapatkan pasir Lumajang termasuk pada zone 1 dengan FM (*Fineness Modulus*) = $300.2 : 100 = 3.002$. Sehingga pasir tersebut baik untuk digunakan karena memiliki FM yang diantara 1.50 – 3.80.

3. Pengamatan uji gradasi pada kerikil

Dalam pengujian gradasi pada kerikil, menggunakan kerikil ukuran 10 mm. Kerikil buatan termasuk zone 1 yang memiliki ukuran 10 mm dengan memiliki FM (*Fineness Modulus*) = $627.5 : 100 = 6.275$

4. Pengamatan uji berat jenis dan penyerapan pasir

Berdasarkan pengujian berat per volume didasarkan pada peraturan SNI 03-1970-1990. Pasir yang digunakan adalah pasir hitam lumajang didapatkan hasil sebagai berikut:

- Berat jenis SSD = 2,72 gr/cc
- Berat jenis kering oven = 2,64 gr/cc
- Berat jenis semu = 2,76 gr/cc
- Penyerapan = 2,88 %

5. Pengamatan uji berat jenis dan penyerapan kerikil

Kerikil yang digunakan adalah kerikil dengan ukuran 10 mm didapatkan hasil sebagai berikut:

- Berat jenis SSD = 2.31 gr/cc
- Berat jenis kering oven = 2.21 gr/cc
- Berat jenis semu = 2.47 gr/cc
- Penyerapan = 4.77 %

6. Pengamatan uji berat jenis isi atau berat per volume pasir

Pasir yang digunakan adalah pasir hitam lumajang didapatkan hasil sebagai berikut:

- Berat isi = 1.77 gr/cc

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa pasir yang di uji dengan dirojek menghasilkan pasir yang baik dengan hasil 1,77 gram/cc, sehingga dapat disimpulkan pasir baik untuk digunakan karena pasir yang baik memiliki berat isi antara 1,0 – 2,0.

7. Pengamatan uji berat jenis isi atau berat per volume kerikil

Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara dalam Agregat didapatkan hasil berat isi kerikil sebagai berikut:

- Berat silinder $W_1 = 9.900 \text{ gr}$
- Berat silinder + kerikil $W_2 = 17.520 \text{ gr}$
- Berat kerikil $W_3 = 17.520 - 9.900 = 7.620 \text{ gr}$
- Volume takaran $V = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 15^2 \times 30$
 $= 5298 \text{ cm}^3$
- Berat isi = $\frac{7620}{5298} = 1.44 \text{ gr/cc}$

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa kerikil yang di uji dengan dirojek menghasilkan kerikil yang kurang baik dengan hasil 1,44 gram/cc, sehingga dapat disimpulkan pasir kurang baik karena kerikil yang baik hasilnya antara 1,5 – 2,0.

8. Pengamatan uji kadar lumpur dalam kerikil

Pengujian kadar lumpur dalam kerikil didasarkan pada peraturan ASTM C-142 *Clay Lumps and Friable Particles in Aggregates* dimana didapat hasil sebagai berikut:

- Berat kerikil mula-mula A = 5000 gram
- Berat kerikil bersih oven B = 4760 gram
- Kadar Lumpur = $((5000-4760) : (4760)) \times 100\% = 5,042\%$

Hasil kadar lumpur 5,042 % > 1 % maka kerikil perlu dibersihkan dahulu sebelum digunakan.

9. Pengamatan uji kadar lumpur dalam pasir

Pengujian kadar lumpur dalam pasir didasarkan pada peraturan ASTM C-142 *Clay Lumps and Friable Particles in Aggregates* dimana didapat hasil sebagai berikut:

- Berat pasir mula-mula A = 500 gram
- Berat pasir bersih oven B = 481 gram
- Kadar lumpur = $\frac{500 - 481}{481} \times 100 = 3,95\%$

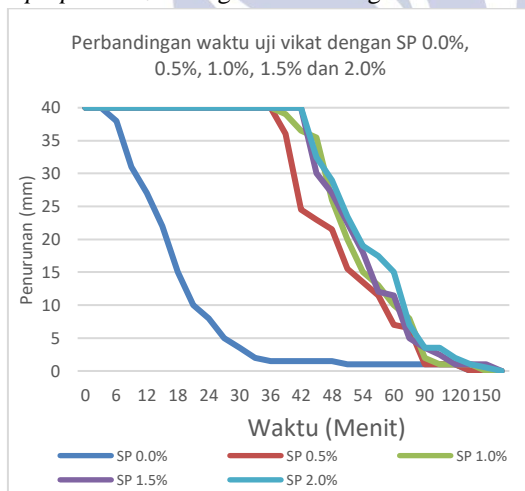
Hasil kadar lumpur $3,95\% < 5\%$ maka memenuhi persyaratan. Pasir bisa langsung digunakan tanpa dicuci terlebih.

10. Pengamatan uji X-Ray Fluorescence (XRF)

XRF adalah teknik analisis unsur yang membentuk suatu material. Pada penelitian ini didapatkan Komposisi abu terbang $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{FeO}_2 = 60.4\% > 50\%$ dan kandungan $\text{CaO} 31.835\% > 10\%$ sehingga abu terbang tersebut benar adalah abu terbang kelas C

11. Pengamatan Uji Jarum Vikat

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan waktu pengikatan awal dari semen/binder geopolimer dan waktu pengikatan akhir dari semen/binder geopolimer. Berbeda dengan semen portland pada umumnya yang menggunakan konsistensi normal, pembuatan pasta binder untuk uji vikat didasarkan pada *mix design* yang telah ditentukan sebelumnya yang terdiri dari abu terbang, NaOH, Na_2SiO_3 dan *superplasticizer* dengan hasil sebagai berikut:



Gambar 3 Grafik gabungan hasil uji vikat dengan kadar SP 0.0%, 0.5%, 1.0%, 1.5% dan 2.0%

Dari grafik diatas didapatkan bahwa penambahan *superplasticizer* dapat memperlambat *setting time*. Dari gambar 3 didapatkan penambahan SP sebanyak 0.5% bisa memperlambat *setting time* hingga 30 menit dan pada SP 2.0% hingga 39 menit.

Uji Beton Geopolimer 12M

1. Hasil Uji Slump

Uji *slump* digunakan untuk memantau homogenitas dan *workability* adukan beton segar dengan suatu kekentalan tertentu yang dinyatakan

dengan satu nilai *slump*. Didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 1 Hasil uji slump masing-masing variasi

Kode Benda Uji	Slump Test (mm)		Slump Flow (mm)
	Max	Min	
Geo 12M 0,0%	55	163	-
Geo 12M 0,5%	165	219	-
Geo 12M 1,0%	193	237	553
Geo 12M 1,5%	197	232	606
Geo 12M 2,0%	237	250	688

Dari tabel diatas diketahui bahwa penambahan kadar *superplasticizer* dapat meningkatkan angkat penurunan *slump* yang dengan penurunan hingga mencapai 250 mm. Selain itu Penambahan *superplasticizer* diatas 1.0% memiliki nilai *slump* > 230 mm. Sehingga beton geopolimer dengan penambahan 1.0% keatas tidak cukup kohesif untuk pengujian *slump*, pengujian menggunakan tes *slump flow* lebih disarankan untuk beton dengan nilai *slump* diatas 230 mm.

2. Hasil Uji Porositas

Porositas beton didefinisikan sebagai perbandingan volume pori (volume yang ditempati oleh fluida) terhadap volume total beton (volume benda uji). Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui persentase volume pori yang selanjutnya akan dibandingkan dengan kuat tekan beton geopolimer 12M. Dari hasil tes porositas yang dilakukan, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 2 Rekapitulasi Hasil uji Porositas geopolimer 12M

Umur	Kode Benda Uji	Porositas (%)
3 Hari	Geo 12M 0,0% 3H	14.81%
	Geo 12M 0,5% 3H	16.07%
	Geo 12M 1,0% 3H	17.10%
	Geo 12M 1,5% 3H	17.51%
	Geo 12M 2,0% 3H	14.54%
7 Hari	Geo 12M 0,0% 7H	12.50%
	Geo 12M 0,5% 7H	13.55%
	Geo 12M 1,0% 7H	15.30%
	Geo 12M 1,5% 7H	15.73%
	Geo 12M 2,0% 7H	14.51%
28 Hari	Geo 12M 0,0% 28H	11.65%
	Geo 12M 0,5% 28H	12.72%
	Geo 12M 1,0% 28H	13.17%
	Geo 12M 1,5% 28H	13.39%
	Geo 12M 2,0% 28H	14.05%

3. Hasil Uji Kuat Tekan

Uji kuat tekan adalah pengujian dengan memberikan tekanan dengan mesin penekan pada benda uji hingga hancur. Setelah melakukan pengujian kuat tekan maka didapat hasil pengujian kuat tekan sebagai berikut:

Tabel 3 Rekapitulasi Hasil uji tekan beton geopolimer 12M

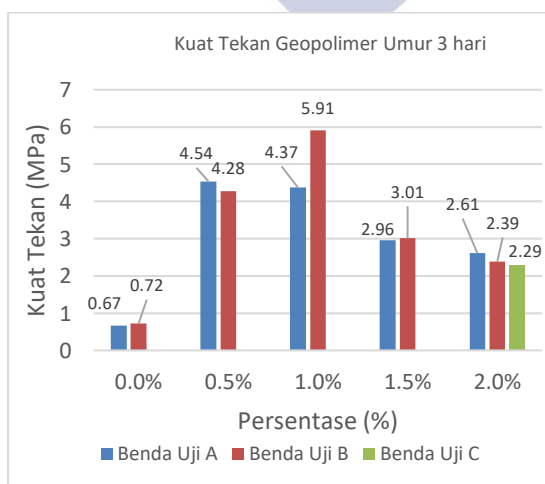
Umur	Kode Benda Uji	Kuat tekan (MPa)
3 Hari	Geo 12M 0,0% 3H	0.81
	Geo 12M 0,5% 3H	4.44
	Geo 12M 1,0% 3H	4.78
	Geo 12M 1,5% 3H	2.89
	Geo 12M 2,0% 3H	2.62
7 Hari	Geo 12M 0,0% 7H	3.68
	Geo 12M 0,5% 7H	5.91
	Geo 12M 1,0% 7H	6.71
	Geo 12M 1,5% 7H	4.57
	Geo 12M 2,0% 7H	5.35
28 Hari	Geo 12M 0,0% 28H	4.45
	Geo 12M 0,5% 28H	9.90
	Geo 12M 1,0% 28H	13.58
	Geo 12M 1,5% 28H	9.38
	Geo 12M 2,0% 28H	5.79

Pembahasan

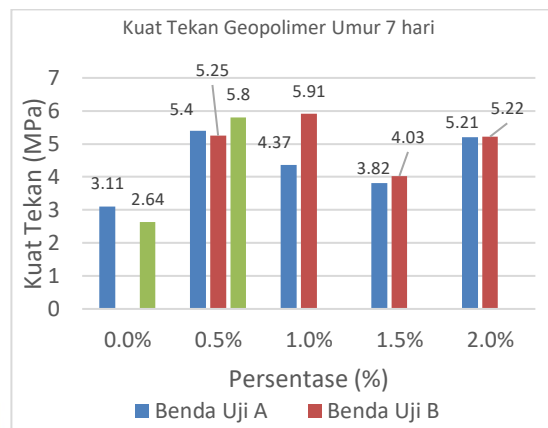
Pada sub bab ini akan membahas analisis data pengaruh *superplasticizer* terhadap kuat tekan dan porositas beton geopolimer 12M. Selain itu juga akan dibahas hubungan antara kuat tekan beton terhadap porositas beton, hubungan berat terhadap kuat tekan beton, hubungan porositas dengan berat volume, dan juga hubungan kuat tekan terhadap berat volume.

1. Pengaruh Kadar *Superplasticizer* terhadap Kuat Tekan Beton Geopolimer 12M

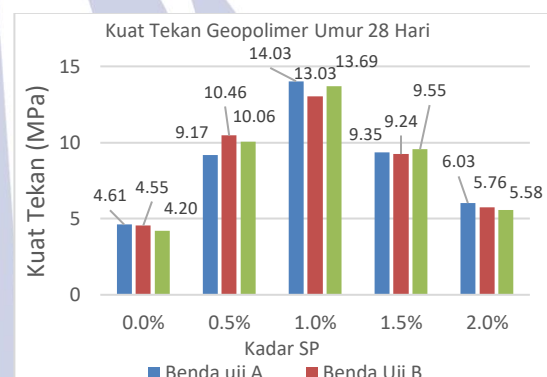
Superplasticizer merupakan bahan aditif yang memiliki fungsi utama untuk mengurangi jumlah penggunaan air, meningkatkan kuat tekan dengan *workability* yang baik. Namun *superplasticizer* selama ini hanya banyak digunakan untuk kebutuhan beton konvensional, maka perlu diketahui juga pengaruh terhadap beton geopolimer dengan hasil sebagai:



Gambar 4 Pengaruh *superplasticizer* terhadap kuat tekan beton geopolimer 12M umur 3 hari



Gambar 5 Pengaruh *superplasticizer* terhadap kuat tekan beton geopolimer 12M umur 7 hari



Gambar 6 Pengaruh *superplasticizer* terhadap kuat tekan beton geopolimer 12M umur 28 hari

Tabel 4 Rekapitulasi pengaruh *superplasticizer* terhadap kuat tekan beton geopolimer 12M

Umur	Kode Benda Uji	Kuat tekan (MPa)	K.tekan thdp Geo 0.0% (%)	Syarat SNI 03-2495-2991	Ket.
3 Hari	Geo 12M 0,0% 3H	0.81		(pembanding)	
	Geo 12M 0,5% 3H	4.44	447%	> 125%	Oke
	Geo 12M 1,0% 3H	4.78	490%	> 125%	Oke
	Geo 12M 1,5% 3H	2.89	256%	> 125%	Oke
	Geo 12M 2,0% 3H	2.62	223%	> 125%	Oke
7 Hari	Geo 12M 0,0% 7H	3.68		(pembanding)	
	Geo 12M 0,5% 7H	5.91	61%	> 115%	Tdk Oke
	Geo 12M 1,0% 7H	6.71	82%	> 115%	Tdk Oke
	Geo 12M 1,5% 7H	4.57	24%	> 115%	Tdk Oke
	Geo 12M 2,0% 7H	5.35	45%	> 115%	Tdk Oke
28 Hari	Geo 12M 0,0% 28H	4.45		(pembanding)	
	Geo 12M 0,5% 28H	9.90	122%	> 110%	Oke
	Geo 12M 1,0% 28H	13.58	205%	> 110%	Oke
	Geo 12M 1,5% 28H	9.38	111%	> 110%	Oke
	Geo 12M 2,0% 28H	5.79	30%	> 110%	Tdk Oke

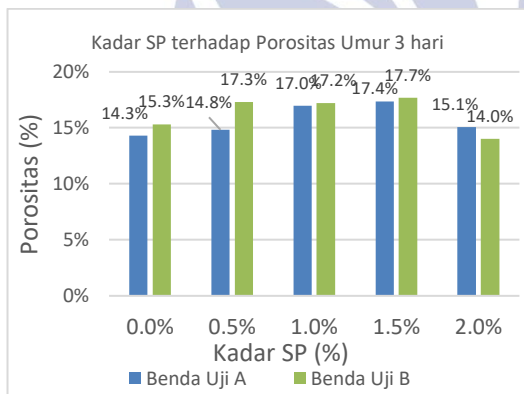
Maka didapatkan analisis data pengaruh persentase *superplasticizer* terhadap kuat tekan bahwa, (1) penambahan *superplasticizer* dengan kadar 0.5%, 1.0%, 1.5% dan 2.0% terhadap berat binder dapat meningkatkan kuat tekan beton geopolimer 12M, (2) persentase *superplasticizer* optimum terhadap peningkatan kuat tekan beton

geopolimer 12M pada umur 3, 7 dan 28 paling tinggi adalah pada penambahan *superplasticizer* sebanyak 1.0% terhadap binder, (3) Pada grafik yang ditunjukkan gambar 4, gambar 5 dan gambar 6 menunjukkan bahwa beton geopolimer mengalami kenaikan kuat tekan seiring penambahan persentase *superplasticizer*, namun mulai mengalami penurunan kuat tekan pada penambahan pada 1.5% hingga 2.0%,

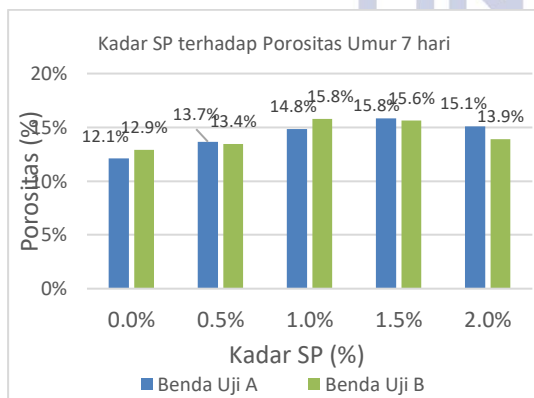
2. Pengaruh Kadar *Superplasticizer* terhadap Porositas Beton Geopolimer 12M

Superplasticizer merupakan bahan aditif yang memiliki fungsi utama untuk mengurangi jumlah penggunaan air, meningkatkan kuat tekan dengan *workability* yang baik. Maka dari itu perlu untuk dianalisis bagaimana pengaruh *superplasticizer* terhadap porositas beton geopolimer, karena kecenderungan pengurangan jumlah air dan peningkatan kuat tekan diiringi dengan penurunan nilai porositas beton.

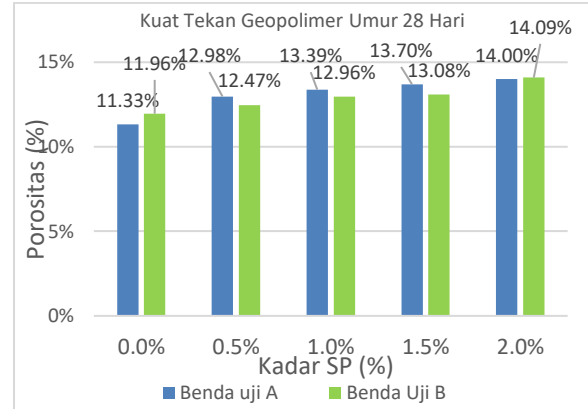
Berikut ini merupakan grafik hubungan antara kadar *superplasticizer* dengan nilai porositas:



Gambar 7 Pengaruh SP terhadap porositas pada umur 3 hari



Gambar 8 Pengaruh SP terhadap porositas pada umur 7 hari



Gambar 9 Pengaruh SP terhadap porositas pada umur 28 hari

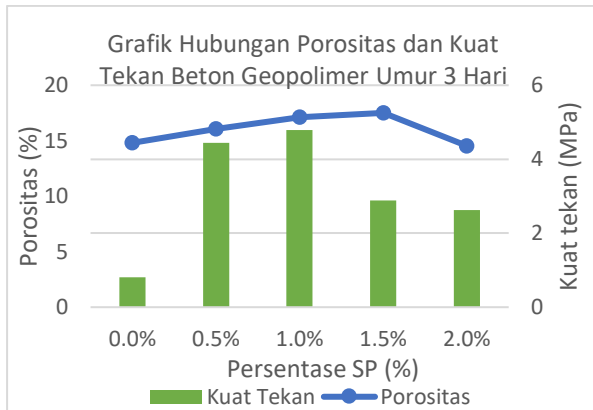
Tabel 5 Rekapitulasi pengaruh *superplasticizer* terhadap porositas geopolimer 12M

Umur (Hari)	Kode Benda Uji	Porositas (%)	Porositas thd pembeding (%)	Ket.
3 Hari	Geo 12M 0,0% 3H	14.81%	(pembeding)	
	Geo 12M 0,5% 3H	16.07%	1.26%	Naik
	Geo 12M 1,0% 3H	17.10%	2.29%	Naik
	Geo 12M 1,5% 3H	17.51%	2.71%	Naik
	Geo 12M 2,0% 3H	14.54%	-0.26%	Turun
7 Hari	Geo 12M 0,0% 7H	12.50%	(pembeding)	
	Geo 12M 0,5% 7H	13.55%	1.05%	Naik
	Geo 12M 1,0% 7H	15.30%	2.80%	Naik
	Geo 12M 1,5% 7H	15.73%	3.22%	Naik
	Geo 12M 2,0% 7H	14.51%	2.01%	Naik
28 Hari	Geo 12M 0,0% 28H	11.65%	(pembeding)	
	Geo 12M 0,5% 28H	12.72%	1.08%	Naik
	Geo 12M 1,0% 28H	13.17%	1.52%	Naik
	Geo 12M 1,5% 28H	13.39%	1.74%	Naik
	Geo 12M 2,0% 28H	14.05%	2.40%	Naik

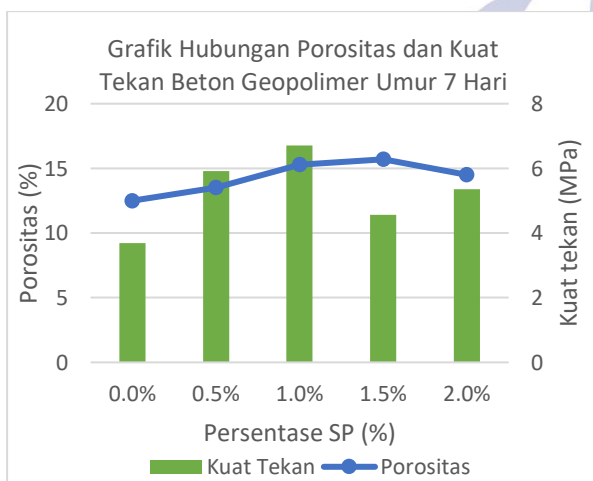
3. Hubungan Kuat Tekan Beton Geopolimer 12M terhadap Porositas

Kualitas beton selalu ditentukan berdasarkan kuat tekan. Kuat tekan sendiri adalah beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani gaya tekan tertentu. Kuat tekan dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya adalah porositas.

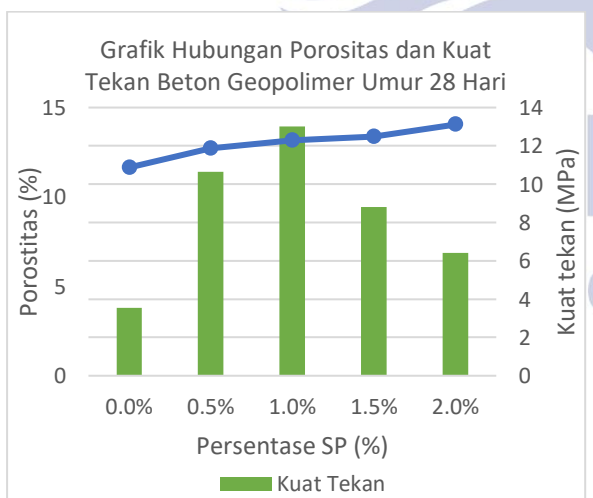
Maka dari itu perlu untuk dianalisis bagaimana hubungan porositas terhadap kuat tekan pada beton geopolimer yang diberi *superplasticizer*. Berikut merupakan analisis data porositas dan kuat tekan, karena jumlah benda uji dan ukuran benda uji kuat tekan dan porositas berbeda, maka digunakan nilai rata-rata dalam tabel sebagai berikut:



Gambar 10 Hubungan porositas terhadap kuat tekan beton geopolimer umur 3 hari



Gambar 11 Hubungan porositas terhadap kuat tekan beton geopolimer umur 7 hari



Gambar 12 Hubungan porositas terhadap kuat tekan beton geopolimer umur 28 hari

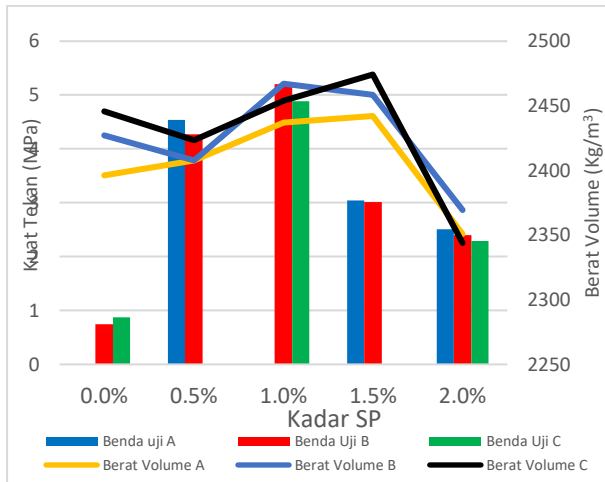
Tabel 6 Rekapitulasi hubungan kuat tekan beton dengan porositas beton

Umur	Kode Benda Uji	Kuat tekan rata-rata (Mpa)	Porositas rata-rata (%)
3 Hari	Geo 12M 0,0% 3H	0.75	14.8%
	Geo 12M 0,5% 3H	4.12	16.1%
	Geo 12M 1,0% 3H	4.44	17.1%
	Geo 12M 1,5% 3H	2.68	17.5%
	Geo 12M 2,0% 3H	2.43	14.5%
7 Hari	Geo 12M 0,0% 7H	3.41	12.5%
	Geo 12M 0,5% 7H	5.48	13.5%
	Geo 12M 1,0% 7H	6.23	15.3%
	Geo 12M 1,5% 7H	4.24	15.7%
	Geo 12M 2,0% 7H	4.96	14.5%
28 Hari	Geo 12M 0,0% 28H	4.45	11.6%
	Geo 12M 0,5% 28H	9.90	12.7%
	Geo 12M 1,0% 28H	13.58	13.2%
	Geo 12M 1,5% 28H	9.38	13.4%
	Geo 12M 2,0% 28H	5.79	14.0%

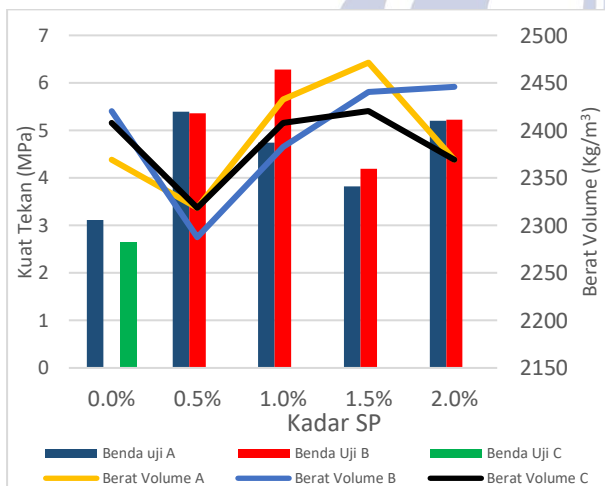
Dari data hubungan porositas terhadap kuat tekan beton geopolimer pada umur 3, 7, dan 28 hari didapatkan, (1) Grafik diatas menunjukkan pola bahwa seiring kenaikan kuat tekan diikuti juga kenaikan nilai porositas, namun pada kadar SP 1.5% dan 2.0% kuat tekan mengalami penurunan walaupun porositas tetap naik, (2) Berdasarkan penelitian Muhammad Amin, dkk (2017) yang telah dilakukan terhadap beton geopolimer sebelumnya, bahwa beton geopolimer yang mempunyai pori-pori yang kecil maka nilai porositasnya semakin kecil dengan demikian maka akan semakin meningkatkan nilai kuat tekan pada semen geopolimer, sehingga dapat dikatakan bahwa mutu kuat tekan beton geopolimer sangat bergantung pada nilai porositas dan jumlah penyerapan air. (3) Sedikit berbeda pada penelitian ini, penambahan SP yang berlebihan dapat meningkatkan porositas secara berangsur.

4. Hubungan Kuat tekan Beton Geopolimer 12M terhadap Berat Volume Beton.

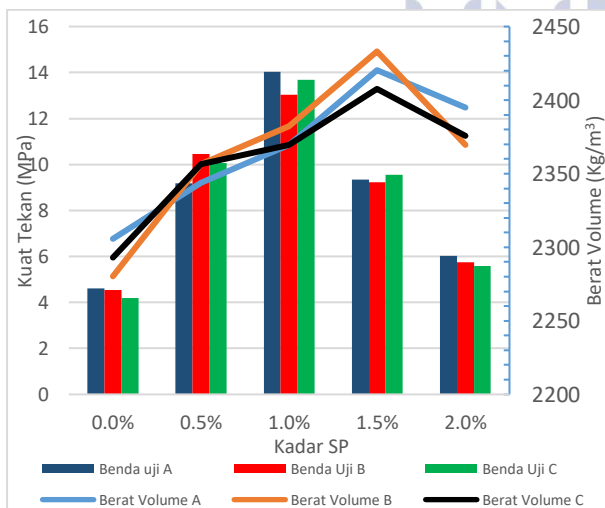
Berat volume beton normal pada umumnya pada kisaran angka 2400 kg/m³. Berat volume beton sangat dipengaruhi oleh berat volume agregat beton itu sendiri. Selain itu agregat juga sangat mempengaruhi nilai kuat tekan dari suatu beton itu sendiri. Semakin baik kualitas agregat maka akan semakin tinggi nilai kuat tekan beton. Oleh karenanya makan perlu diketahui lebih lanjut bagaimana hubungan antara kuat tekan beton dengan berat volume beton geopolimer 12M.



Gambar 13 Hubungan Kuat tekan Beton Geopolimer 12M terhadap Berat Volume Beton pada umur 3 Hari



Gambar 14 Hubungan Kuat tekan Beton Geopolimer 12M terhadap Berat Volume Beton pada umur 7 Hari



Gambar 15 Hubungan Kuat tekan Beton Geopolimer 12M terhadap Berat Volume Beton pada umur 28 Hari

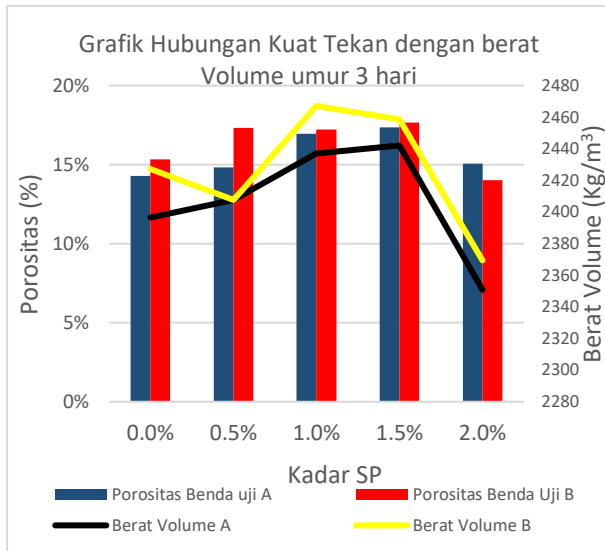
Tabel 7 Rekapitulasi hubungan kuat tekan Beton Geopolimer 12M terhadap Berat Volume Beton

Umur	Kode Benda Uji	Kuat tekan rata-rata (Mpa)	Berat Volume rata-rata (kg/m ³)
3 Hari	Geo 12M 0,0% 3H	0.75	2423.20
	Geo 12M 0,5% 3H	4.12	2412.92
	Geo 12M 1,0% 3H	4.44	2452.67
	Geo 12M 1,5% 3H	2.68	2442.54
	Geo 12M 2,0% 3H	2.43	2354.75
7 Hari	Geo 12M 0,0% 7H	3.41	2399.15
	Geo 12M 0,5% 7H	5.48	2308.17
	Geo 12M 1,0% 7H	6.23	2407.76
	Geo 12M 1,5% 7H	4.24	2444.11
	Geo 12M 2,0% 7H	4.96	2394.90
28 Hari	Geo 12M 0,0% 28H	4.45	2292.99
	Geo 12M 0,5% 28H	9.90	2352.44
	Geo 12M 1,0% 28H	13.58	2373.67
	Geo 12M 1,5% 28H	9.38	2420.38
	Geo 12M 2,0% 28H	5.79	2380.04

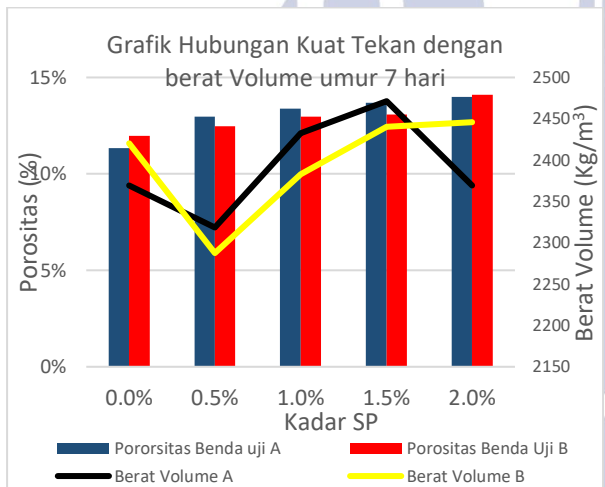
Dengan ini dapat disimpulkan dari ketiga grafik tersebut didapatkan bahwa (1) Beton geopolimer memiliki sifat dan berat volume yang hampir sama dengan beton konvensional, (2) Beton geopolimer mengalami perubahan sifat yang drastis jika diberi tambahan *superplasticizer* yaitu pada kelecakannya dilihat dari nilai slump, setting timanya dari uji vikat, kuat tekannya dilihat dari uji tekan, berat volumenya dilihat dari perubahan berat yang terjadi, porositasnya, dan kemampuan penguapan air dalam kondisi suhu ruangan.

5. Hubungan Porositas Beton Geopolimer 12M terhadap Berat Volume Beton.

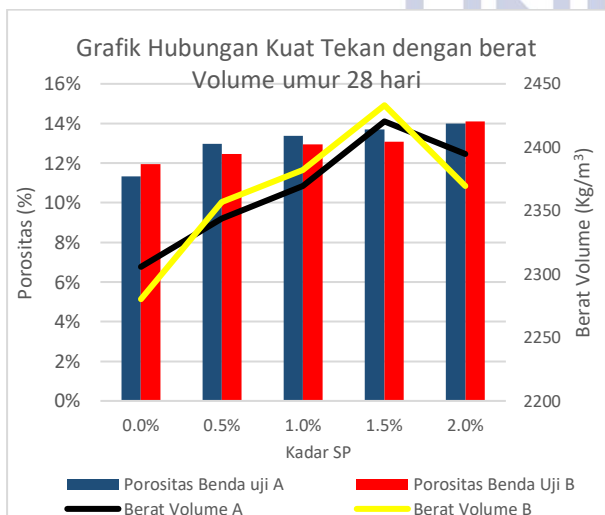
Porositas dihitung berdasarkan berat volume benda uji dalam keadaan jenuh air dan dalam keadaan kering oven. Maka daripada itu perlu diketahui bagaimana berat volume beton dalam keadaan normal dengan dibandingkan dengan porositas pada beton geopolimer yang diberi *superplasticizer*. Berikut merupakan analisis data porositas dan berat volume, karena jumlah benda uji dan ukuran benda uji kuat tekan dan porositas berbeda, maka digunakan nilai rata-rata dalam tabel sebagai berikut:



Gambar 16 Hubungan Porositas Beton Geopolimer 12M terhadap Berat Volume Beton pada umur 3 Hari



Gambar 17 Hubungan Porositas Beton Geopolimer 12M terhadap Berat Volume Beton pada umur 7 Hari



Gambar 18 Hubungan Porositas Beton Geopolimer 12M terhadap Berat Volume Beton pada umur 28 Hari

Dari ketiga grafik diatas dapat diketahui bahwa (1) berat volume bahwa semakin tinggi porositas maka berat volumenya semakin rendah, (2) dari ketiga grafik berat volume diatas, jika kita mengabaikan beton geopolimer dengan kadar SP 0.0% maka grafik tersebut memiliki pola yang hampir sama yaitu terjadi peningkatan berat volume seiring penambahan sika viscocrete 1003 dan mengalami penurunan setelah penambahan 2,0%

Tabel 8 Rekapitulasi hubungan Porositas Beton Geopolimer 12M terhadap Berat Volume Beton

Umur	Kode Benda Uji	Porositas rata-rata (%)	B. Vol rata-rata (kg/m ³)
3 Hari	Geo 12M 0,0% 3H	14.8%	2423.20
	Geo 12M 0,5% 3H	16.1%	2412.92
	Geo 12M 1,0% 3H	17.1%	2452.67
	Geo 12M 1,5% 3H	17.5%	2442.54
	Geo 12M 2,0% 3H	14.5%	2354.75
7 Hari	Geo 12M 0,0% 7H	12.50%	2399.15
	Geo 12M 0,5% 7H	13.5%	2308.17
	Geo 12M 1,0% 7H	15.30%	2407.76
	Geo 12M 1,5% 7H	15.7%	2444.11
	Geo 12M 2,0% 7H	14.51%	2394.90
28 Hari	Geo 12M 0,0% 28H	11.6%	2292.99
	Geo 12M 0,5% 28H	12.7%	2352.44
	Geo 12M 1,0% 28H	13.2%	2373.67
	Geo 12M 1,5% 28H	13.4%	2420.38
	Geo 12M 2,0% 28H	14.0%	2380.04

Dari data rekapitulasi diatas didapatkan bahwa semakin lama usia beton maka berat volume beton akan semakin menurun hingga ketitik jenuh. Penurunan berat volume beton juga diikuti oleh penurunan porositas beton geopolimer yang diharapkan penurunan nilai porositas diikuti dengan peningkatan kuat tekan beton geopolimer.

SIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Didapatkan pengaruh penambahan zat adiktif *superplasticizer* (SP) tipe F dengan merek Sika Viscocrete 1003 memiliki pengaruh terhadap beton geopolimer dengan NaOH 12M dan rasio SS/SH 1.5 sebagai berikut:
 - Dari uji vikat didapatkan bahwa SP dapat memperlambat *setting time* awal binder geopolimer dar 30 menit untuk penambahan SP 0.5% hingga 39 menit untuk penambahan SP 2.0%

- Dari uji vikat didapatkan bahwa SP dapat memperlambat *setting time* akhir binder geopolimer paling kecil sebesar 3 menit untuk penambahan SP 1.0% dan paling besar 6 menit untuk penambahan SP 2.0%
 - Dari uji porositas didapatkan bahwa SP dapat meningkatkan nilai porositas beton geopolimer pada keseluruhan benda uji, kecuali pada penambahan SP sebesar 2.0% pada umur 3 hari turun sebesar 0.26%
 - Dari uji tekan didapatkan bahwa SP dapat meningkatkan kuat tekan beton geopolimer hingga rata-rata maksimum 13.58 MPa pada usia 28 Hari
2. Didapatkan nilai porositas beton geopolimer tertinggi mencapai 17.51% dengan SP 1.5% umur 3 hari, 15.73% dengan SP 1.5% umur 7 hari, dan 14.05% dengan SP 2.0% umur 28 hari. Secara keseluruhan penambahan *superplasticizer* dapat menaikkan porositas beton geopolimer 12M.
 3. Didapatkan nilai kuat tekan beton geopolimer tertinggi mencapai 4.44 MPa pada beton geopolimer dengan SP 1.0% umur 3 hari, 6.23 MPa pada beton geopolimer dengan SP 1.0% umur 7 hari dan 13.58 MPa pada beton geopolimer dengan SP 1.0% umur 28 hari. Secara keseluruhan penambahan *superplasticizer* dapat menaikkan kuat tekan beton geopolimer 12M, namun kadar paling optimum ada pada geopolimer dengan penambahan SP sebanyak 1.0%.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, Muhammad & Suharto. 2017 “Pembuatan Semen Geopolimer Ramah Lingkungan Berbahan Baku Mineral Basal Guna Menuju Lampung Sejahtera”. *Jurnal Kelitbang* Vol.05 No.1 : hal 30-45
- Anonim. “ASTM C-142 *Clay Lumps and Friable Particles in Aggregates*” Vol 97. USA: ASTM International
- Anonim. “ASTM C 618 *Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete*”. Vol 05. USA: ASTM Internasional.
- Badan Standarisasi Nasional. 1991. *SNI 03-2495.1991. Spesifikasi Bahan Tambahan Untuk Beton*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 1998. *SNI 03-4804-1998 Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara dalam Agregat*. Jakarta: BSN
- Badan Standarisasi Nasional. 2000. *SNI 03-2834-2000 Tata Cara Pembuatan Campuran Beton Normal*. Jakarta: BSN
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *SNI 03-6827-2002 Metode Pengujian Waktu Ikat Awal Semen Portland dengan Menggunakan Alat Vicat untuk Pekerjaan Sipil*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2008. *SNI 1972-2008 Cara Uji Slump Beton*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2011. *SNI 1974-2011 Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*. Jakarta: BSN.
- Davistdovits, J. 1991. “*Geopolymers: Inorganic Polymeric New Materials*”. *Journal of Thermal Analysis*. Vol. 37: PP. 1633- 1656.
- Davistdovits, J. 1994. “*Properties of Geopolymer Cements*”. Makalah disajikan dalam *First International Conference on Alkaline Cements and Concretes, Scientific Research Institute on Binders and Material, Kiev, Ukraine*.
- Davistdovits, J. 1994. “*Global Warming Impact on the Cement and Aggregates Industries*”. *Published in World Resource Reviv*. Vol. 6, No.2, pp. 263-278
- Deb, Partha Sarathi, Pradip Nath, & Prabir K Sarker. 2014. “*The Effects Of Ground Granulated Blast-Furnace Slag Blending With Fly Ash And Activator Content On The Workability And Strength Properties Of Geopolymer Concrete Cured At Ambient Temperature*”. *Journal Construction and Building Materials*. Vol 66: PP. 163-171.
- Kurniasari, Paramita Tri. 2017. “Pemanfaatan Penggunaan *Fly Ash* dan Bottom Ash Sebagai Pozzolan pada Binder *Geopolymer*”. Tugas akhir tidak diterbitkan. Surabaya: Institue Teknologi Sepuluh November.
- Manuahe, Riger, dkk. 2014. *Kuat Tekan Beton Geopolymer Berbahan dasar Abu Terbang*. *Jurnal Sipil Satatik*. Vol. 2 : hal 277-282.
- Risdanareni, Puput, Triwulan, & Januari Jaya Ekaputri. 2014. “Pengaruh Molaritas Aktifator Alakalin Terhadap Kuat Mekanik Beton Geopolimer dengan Tras Sebagai Pengisi” Makalah disajikan dalam Seminar Nasional X Inovasi Struktur dalam Menunjang Konektivitas Pulau di Indonesia
- Satria, Juan, dkk. 2007. “Karakteristik Beton Geopolimer Berdasarkan Variasi Waktu Pengambilan *Fly Ash*”. (Online), (<https://media.neliti.com/media/publications/81017-ID-karakteristik-beton-geopolimerberdasark.pdf>, diunduh 14 November 2017).