

PENGARUH PENAMBAHAN *SUPERPLASTICIZER* PADA BETON GEOPOLIMER BERBAHAN DASAR NaOH 14M MOLAR TERHADAP KUAT TEKAN DAN POROSITAS

Oktian Arief Wijaya

Mahasiswa S1 Teknik Sipil, Teknik Sipil,
Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : tian_succes@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) 14M 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 39 menit untuk penambahan SP 0.5% hingga 45 menit untuk penambahan SP 2.0%. Uji porositas didapatkan SP dapat menurunkan nilai porositas. Dari uji tekan didapatkan bahwa SP dapat meningkatkan kuat tekan beton geopolimer hingga rata-rata maksimum 12.49 MPa pada usia 28 Hari, semakin banyak penggunaan SP semakin tinggi kuat tekan yang dihasilkan.

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, 14M 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 39 minutes for the addition of SP 0.5% to 45 minutes for the addition of SP 2.0%. The porosity test obtained by SP can decrease the porosity value of geopolymer concrete. From the compression test it was found that SP can increase the compressive strength of geopolymer concrete up to a maximum average of 12.49 MPa at 28 days, more uses SP more high a result of compressive strength.

Keywords: Geopolymer concrete, fly ash, superplasticizer, porosity, compressive strength

PENDAHULUAN

Indonesia kini mulai menggencarkan pemerataan pembangunan infrastruktur. Beton menjadi salah satu bahan yang paling banyak digunakan untuk pembangunan bangunan struktur. Beton tersusun atas komposisi utama yaitu agregat kasar, agregat halus, air, dan semen portland, dengan semakin berkembangnya pembangunan maka kebutuhan semen akan semakin meningkat. Menurut (Malhotra, 1999) produksi semen dunia akan terus meningkat dari 1,5 milyar ton pada tahun 1995 menjadi 2,2 milyar ton pada tahun 2010. Akan tetapi, hal yang disayangkan adalah pada saat proses produksi semen terjadi pelepasan gas karbondioksida (CO_2) ke udara yang besarnya sebanding dengan jumlah semen yang diproduksi (Davidovits, 1994), yang dapat merusak lingkungan hidup kita diantaranya pemanasan global. Dari peningkatan penggunaan material beton, terdapat dua aspek penting yang harus diperhatikan yakni durabilitas (keawetan) material beton itu sendiri dan isu tentang gangguan lingkungan akibat produksi dari Semen Portland.

Pemanasan global merupakan peristiwa alam yang terjadi dalam jangka waktu yang lama, yaitu meningkatnya suhu rata-rata pada permukaan bumi. Oleh karena itu maka diperlukan bahan alternatif lain yang bisa menggantikan semen dalam campuran beton untuk mendapatkan beton yang ramah lingkungan. Diantaranya ialah melalui pengembangan beton dengan menggunakan bahan pengikat anorganik seperti alumina silikat polimer atau dikenal dengan geopolimer yang merupakan sintesa dari material geologi yang terdapat pada alam yang kaya akan kandungan silika dan alumina (Davidovits, 1999).

Usaha untuk memperbaiki durabilitas dapat dilakukan melalui penggunaan berbagai jenis bahan tambahan (*additives admixture*) atau *superplasticizer* dengan tujuan menyelesaikan persoalan spesifik dari durabilitas. Penggunaan material ini untuk kondisi tertentu seringkali dapat juga menimbulkan persoalan tersendiri terhadap durabilitas. Pengalaman lapangan pada berbagai struktur beton bangunan modern menunjukkan bahwa penggunaan bahan tambahan atau *superplasticizer* yang tidak sesuai atau melebihi takaran hanya akan menimbulkan kerusakan awal yang tidak diinginkan pada struktur beton itu sendiri (Maholtra dan Ramezaniapour, 1994; Metha, 1997; Metha dan burrows, 2001).

Bahan dasar utama pembuatan beton geopolimer, adalah bahan yang banyak mengandung silikon dan aluminium. Unsur-unsur ini, diantaranya banyak terdapat pada material buangan hasil industri, seperti abu terbang sisa pembakaran batu bara (*fly ash*). *Fly ash* adalah Material utama untuk pembentukan geopolimer yang memiliki ikatan alumino-silikate harus kaya akan Silikon (Si) dan aluminium (Al). Ini bisa berarti material alam seperti kaolin, dan lempung dimana formula empirisnya mengandung Si, Al, dan

oksigen (Davidovits, 1994). Atau material buatan seperti fly ash, silica fume dan slag. Namun, diantara material buatan yang juga merupakan limbah, fly ash dan slag merupakan material yang paling potensial sebagai bahan dasar beton geopolimer (Hardjito et al, 2005).

Fly ash tersedia sangat banyak tapi penggunaannya untuk pembuatan beton masih sangat terbatas. Pada tahun 1988 perkiraan produksi abu terbang melebihi 390 juta ton setiap tahunnya, tapi pemanfaatannya masih kurang dari 15% (Maholtra, 1999). Abu terbang memiliki pengaruh terhadap beton segar (*fresh concrete*) dan beton yang sudah mengeras (*hardened concrete*). Pada beton segar abu terbang dapat memperbaiki *workability*, mengurangi *bleeding*, meningkatkan *pumpability*, memperpanjang *setting-time*, berfungsi sebagai *retarder*, dan pengikatan, mengurangi peningkatan pada proses hidrasi, tahan terhadap temperature tinggi, dapat meningkatkan perlindungan terhadap permeabilitas dan karat, mengurangi resiko pengembangan beton akibat reaksi alkali dan silika, meningkatkan *shrinkage*, dan mengurangi efek magnesia (ACI 232.2R-03 2003).

Superplasticizer merupakan bahan tambah additive (*admixture*) yang dicampurkan kedalam campuran beton dan telah terbukti meningkatkan kinerja beton hampir disemua aspeknya, yaitu kekuatan, kemudahan pengerjaan, keawetan dan kinerja lainnya dalam memenuhi tuntutan teknologi konstruksi modern (ASTM C494-82). Untuk itu maka penulis melakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan *superplasticizer* pada beton geopolimer molaritas 14 mol terhadap kuat tekan, porositas, dan *workability*, dengan mencari kadar optimal penggunaan *superplasticizer* dan mendapatkan beton ramah lingkungan yang mudah dalam pengerjaannya.

Adapun yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Berapakah kadar yang paling optimum untuk penambahan *superplasticizer* dengan variasi 0%, 0,5%, 1%, 1,5% dan 2% pada beton *geopolymer*?
2. Berapa nilai porositas yang dihasilkan beton geopolimer dengan penambahan *superplasticizer* pada umur 3, 7, dan 28 hari ?
3. Berapa kuat tekan yang dihasilkan beton geopolimer dengan penambahan *superplasticizer* pada umur 3, 7, dan 28 hari?

Adapun yang menjadi batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Benda uji yang dibuat adalah silinder dengan diameter 10 cm tinggi 20 cm untuk uji tekan serta silinder diameter 10 cm tinggi 10 cm untuk uji porositas
2. Setiap variasi penggunaan bahan dibuat benda uji 3 buah untuk uji tekan dan 2 buah untuk uji porositas

3. *Superplasticizer* yang digunakan adalah Sika Viscocrete 1003, dengan kadar penambahan 0,5%, 1,0%, 1,5%, dan 2,0%.
4. Abu terbang yang digunakan adalah abu terbang kelas C.
5. Aktivator yang digunakan adalah sodium hidroksida (NaOH) dengan kadar 14M dan sodium silikat (Na₂SiO₃)
6. Pemeriksaan abu terbang akan dilakukan di Universitas Negeri Malang
7. Agregat kasar yang digunakan adalah ukuran 10 mm
8. Agregat halus yang digunakan adalah pasir Lumajang.
9. Pemeriksaan terhadap pasir dan kerikil meliputi pemeriksaan gradasi, kandungan lumpur, berat isi, dan berat jenis
10. Pengujian dilakukan pada umur beton 3, 7, dan 28 hari

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui kadar yang paling optimum penambahan *superplasticizer* dengan variasi 0%, 0,5%, 1%, 1,5% dan 2% pada beton *geopolymer*.
2. Untuk mengetahui nilai porositas beton *geopolimer* dengan penambahan *superplasticizer* pada umur 3, 7, dan 28 hari.
3. Untuk mengetahui kuat tekan yang dihasilkan beton *geopolimer* dengan penambahan *superplasticizer* pada umur 3, 7, dan 28 hari.

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 PENELITIAN

A. 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 penyederhanaan 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.

B. 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 Fluorescence* 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

C. 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.

D. Bahan dan Alat

Bahan pembuatan beton geopolimer:

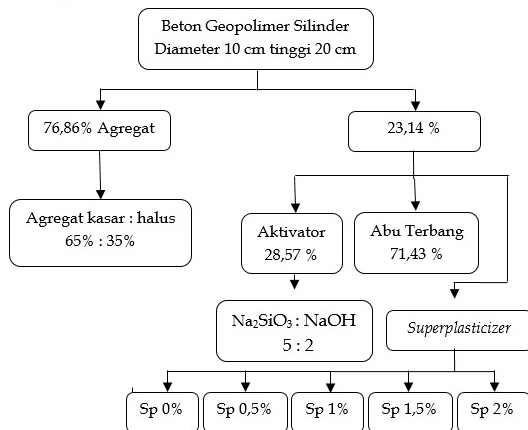
1. Agregat kasar yang digunakan adalah yang gradasi bervariasi (tanpa uji kimia) dan berkadar air SSD (*saturated surface dry*)
2. Agregat halus yang digunakan adalah pasir Lumajang dengan gradasi bervariasi berkadar air SSD
3. Air yang digunakan adalah air dari instalasi air bersih.
4. Bahan aditif yang digunakan adalah *superplasticizer* dengan merek Sika Viscocrete-1003
5. Abu terbang yang digunakan adalah abu terbang kelas C.
6. Aktivator yang digunakan adalah Sodium Silikat (Na_2SiO_3) dan Sodium Hidroksida (NaOH) 12 M

Alat-alat pembuatan geopolimer:

1. Timbangan 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.
7. *Universal Hydraulic Testing Machine*, digunakan untuk menguji kuat tekan beton Geopolimer

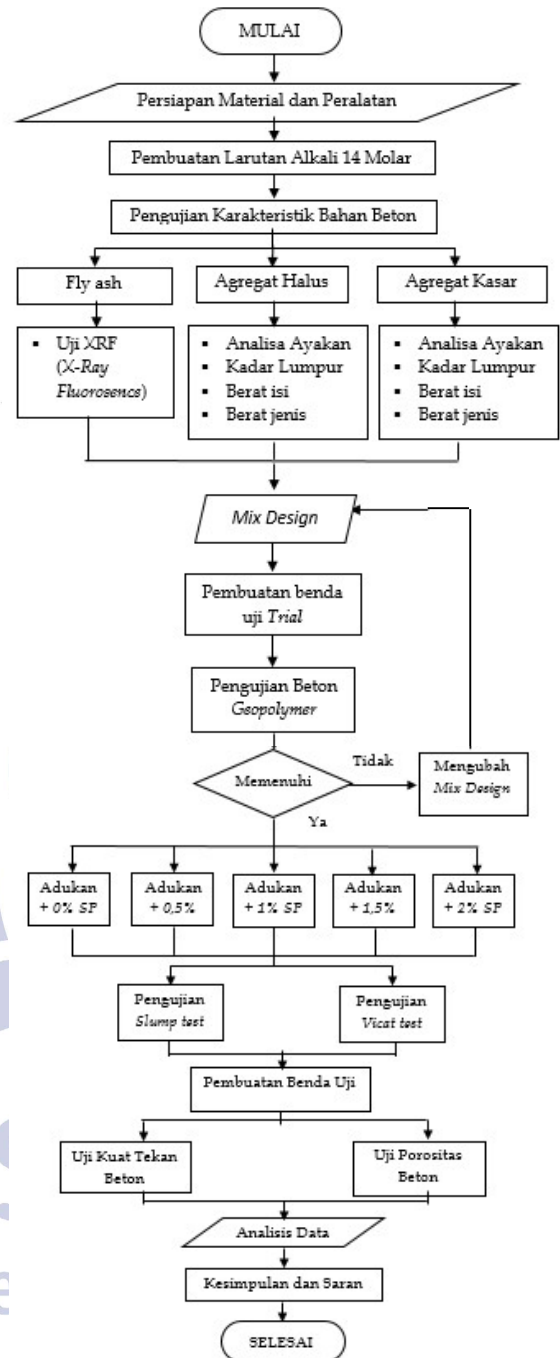
E. Mix Design

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*

F. Flowcart Tahapan Penelitian



Gambar 2 Flowchart pembuatan beton geopolimer

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Uji Material

1. Pembuatan NaOH 14M

Maka untuk mendapatkan sodium hidroksida (NaOH) dengan konsentrasi 14 M didapatkan perhitungan sebagai berikut:

$$14 \text{ M} = \frac{W \text{ NaOH}}{40} \times \frac{1 \text{ (liter)}}{1 \text{ (liter)}}$$

$$W \text{ NaOH} = 14 \times 40 = 560 \text{ gr}$$

Sehingga untuk mendapatkan NaOH dengan kadar 14 M adalah dengan mencampur 1 liter air dengan 560 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 %

Dari uji yang dilakukan didapatkan berat Jenis kering permukaan = 2,72 gram/cc ini menunjukkan bahwa pasir cukup baik karena mempunyai berat jenis antara 2,0 – 3,0 gram/cc dan penyerapan 2,88 % memenuhi syarat karena dibawah 5 %.

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 %

Berat Jenis kering permukaan jenuh = 2,31 gram/cc ini menunjukkan bahwa kerikil baik untuk digunakan karena mempunyai berat jenis antara 2,0 – 3,0 gram/cc dan penyerapan menunjukkan

nilai 4.77% yang berada diantara 1-5% sehingga masih baik untuk digunakan.

6. Pengamatan uji berat isi pasir

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

- Berat Silinder $W_1 = 9.900 \text{ gram}$
- Berat silinder+ pasir $W_2 = 19.280 \text{ gram}$
- Berat pasir $W_3 = 19.280 - 9.900 = 9380 \text{ gram}$
- Volume takaran $V = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 15^2 \times 30 = 5298 \text{ cm}^3$
- Berat isi $= 9380 / 5298 = 1.77 \text{ gr/cc}$

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa pasir yang di uji dengan dirojok 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 isi 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 dirojok 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 = $\frac{500 - 481}{481} \times 100 = 3,95\%$

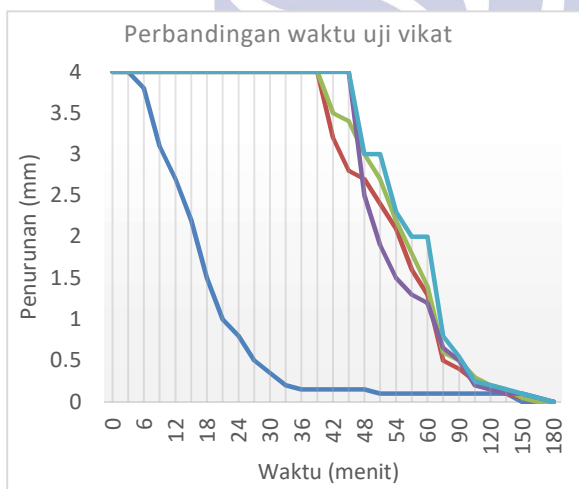
Hasil kadar lumpur $3,95\% < 5\%$ maka memenuhi persyaratan. Pasir bisa langsung digunakan tanpa dicuci terlebih.

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 39 menit dan pada SP 2,0% hingga 45 menit.

B. Uji Beton Geopolimer 14M

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)	
	Max	Min
Geo 14M 0,0%	55	60
Geo 14M 0,5%	150	195
Geo 14M 1,0%	192	235
Geo 14M 1,5%	219	240
Geo 14M 2,0%	233	248

Dari tabel diatas diketahui bahwa penambahan kadar *superplasticizer* dapat meningkatkan angka penurunan *slump* yang dengan penurunan hingga mencapai 248 mm. Selain itu Penambahan *superplasticizer* diatas 1,0% memiliki nilai *slump* > 235 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 14M. Dari hasil tes porositas yang dilakukan, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 2 Rekapitulasi Hasil uji Porositas geopolimer 14M

Umur	Kode Benda Uji	Porositas (%)
3 Hari	Geo 14M 0,0% 3H	15.50%
	Geo 14M 0,5% 3H	15.50%
	Geo 14M 1,0% 3H	20.00%
	Geo 14M 1,5% 3H	15.50%
	Geo 14M 2,0% 3H	17.00%
7 Hari	Geo 14M 0,0% 7H	13.50%
	Geo 14M 0,5% 7H	12.00%
	Geo 14M 1,0% 7H	18.00%
	Geo 14M 1,5% 7H	14.50%
	Geo 14M 2,0% 7H	15.50%
28 Hari	Geo 14M 0,0% 28H	18.50%
	Geo 14M 0,5% 28H	15.50%
	Geo 14M 1,0% 28H	14.50%
	Geo 14M 1,5% 28H	14.00%
	Geo 14M 2,0% 28H	12.50%

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 14M

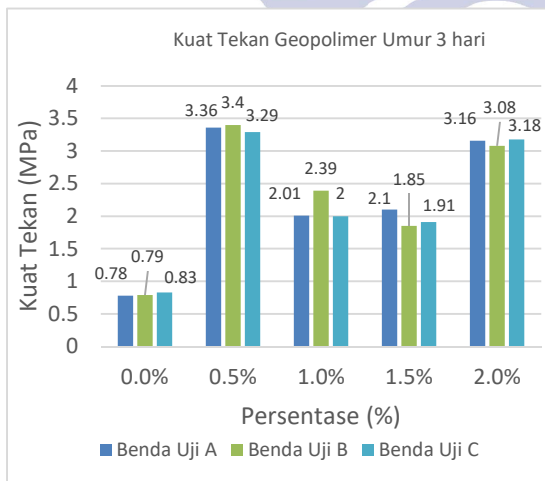
Umur	Kode Benda Uji	Kuat tekan (MPa)
3 Hari	Geo 14M 0,0% 3H	0.80
	Geo 14M 0,5% 3H	3.35
	Geo 14M 1,0% 3H	2.13
	Geo 14M 1,5% 3H	1.95
	Geo 14M 2,0% 3H	3.14
7 Hari	Geo 14M 0,0% 7H	1.20
	Geo 14M 0,5% 7H	3.95
	Geo 14M 1,0% 7H	3.15
	Geo 14M 1,5% 7H	2.90
	Geo 14M 2,0% 7H	4.42
28 Hari	Geo 14M 0,0% 28H	3.67
	Geo 14M 0,5% 28H	6.59
	Geo 14M 1,0% 28H	7.42
	Geo 14M 1,5% 28H	8.41
	Geo 14M 2,0% 28H	12.49

Pembahasan

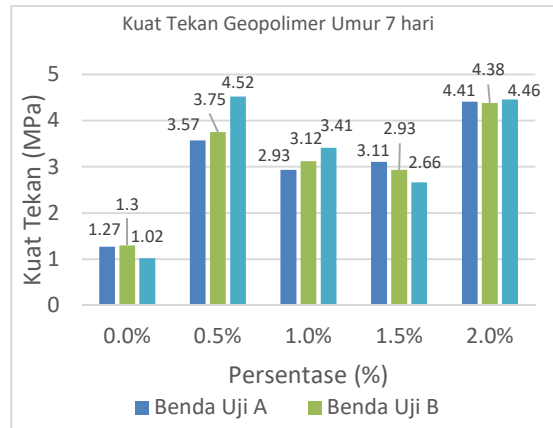
Pada sub bab ini akan membahas analisis data pengaruh *superplasticizer* terhadap kuat tekan dan porositas beton geopolimer 14M serta analisa keterkaitan penambahan kadar *superplasticizer* yang berbeda-beda yaitu 0,0%-2,0% dengan penggunaan NaOH 14M.

1. Pengaruh *Superplasticizer* terhadap Kuat Tekan

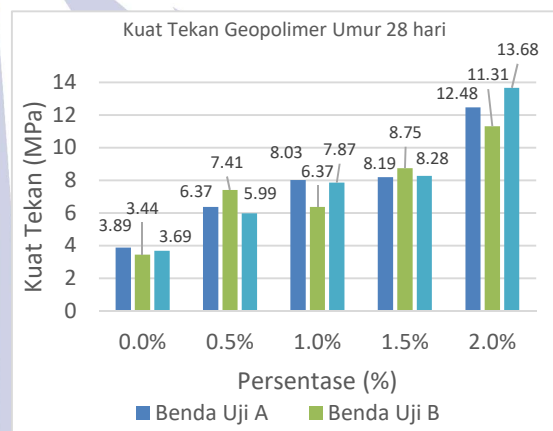
Superplasticizer merupakan bahan aditif yang memiliki fungsi utama untuk mengurangi jumlah penggunaan air, meningkatkan kuat tekan dengan *workability* yang baik. Namun *superplasticizer* selama ini hanya banyak digunakan untuk kebutuhan beton konvensional, maka perlu diketahui juga pengaruh terhadap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



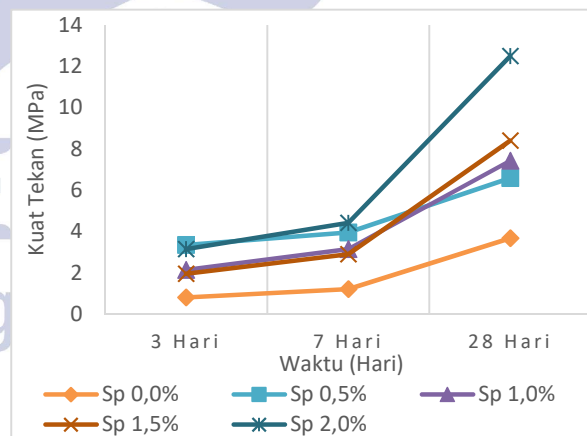
Gambar 4 Pengaruh *superplasticizer* terhadap kuat tekan beton geopolimer 14M umur 3 hari



Gambar 5 Pengaruh *superplasticizer* terhadap kuat tekan beton geopolimer 14M umur 7 hari



Gambar 6 Pengaruh *superplasticizer* terhadap kuat tekan beton geopolimer 14M umur 28 hari



Gambar 7 Pengaruh kadar *superplasticizer* terhadap kuat tekan beton geopolimer 14M

Maka didapatkan analisis data pengaruh persentase *superplasticizer* terhadap kuat tekan bahwa Pada beton geopolimer umur 28 hari menghasilkan kuat tekan yang berpola, yaitu pada setiap penambahan kadar *superplasticizer* kuat tekan yang dihasilkan juga bertambah, seperti pada beton geopolimer kontrol atau tanpa menggunakan sp dengan kuat

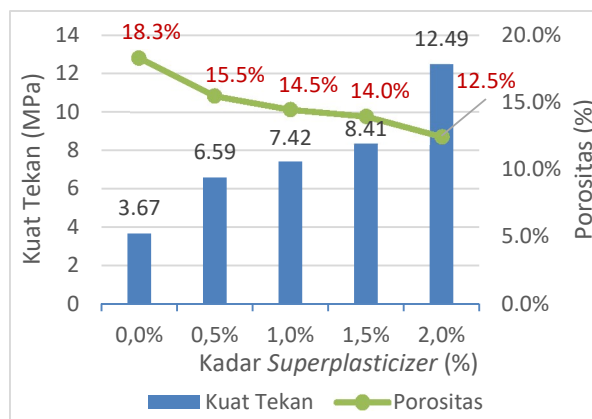
tekan yang hanya 3,67 MPa dengan penambahan kadar sp 0,5% kuat tekannya mampu meningkat 68% menjadi 6,59 MPa, kemudian dengan penambahan sp 1,0% kuat tekan mampu meningkat 117% menjadi 7,42 MPa, kemudian dengan penambahan sp 1,5% peningkatan kuat tekannya tidak terlalu jauh dengan kadar 1,0% yaitu meningkat 129% menjadi 8,41 MPa dan peningkatan kuat tekan yang paling optimal adalah pada penambahan sp 2,0% yaitu meningkat 240% menjadi 12,49 MPa.

Pada beton geopolimer kontrol kuat tekan yang dihasilkan kecil karena proses pengikatannya sangat cepat sehingga ketika memasukkan beton segar kedalam cetakan, beton sudah mengering meskipun sudah dirojak dengan tongkat besi sehingga beton geopolimer memiliki banyak rongga-rongga udara yang besar yang menyebabkan kuat tekan tidak maksimal dan dalam proses pembuatannya beton geopolimer sangat berat karena proses pengikatannya yang sangat cepat sehingga jika tidak cepat saat memasukkan kedalam cetakan beton geopolimer akan mengering di luar dan tidak dapat digunakan, dalam penelitian ini sudah terjadi kegagalan/kering sebelum masuk cetakan sebanyak 3-4 kali. Penambahan superplasticizer pada beton geopolimer didapatkan beberapa pengaruh positif yaitu dengan semakin banyak penambahan kadar superplasticizer maka kuat tekan yang dihasilkan akan bertambah juga dan juga untuk proses pengikatannya semakin melambat hal ini dikarenakan semakin banyak kadar penggunaan superplasticizer akan menjadikan beton geopolimer semakin encer dan secara tidak langsung proses pengerjaannya semakin mudah, tetapi dalam penelitian ini belum didapatkan hasil yang maksimal dikarenakan pada setiap penambahan kadar superplasticizer masih didapatkan hasil yang terus meningkat sehingga belum didapat hasil yang paling optimum.

2. Keterkaitan Tes Kuat Tekan dan Tes Porositas

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.

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



Gambar 8 Keterkaitan tes kuat tekan dan tes porositas

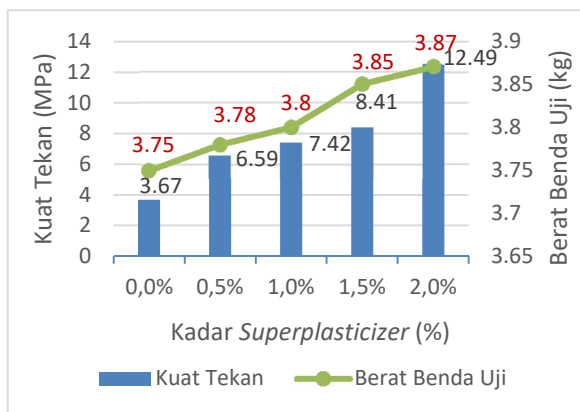
Pada Beton geopolimer umur 28 hari, Porositas beton yang dihasilkan berbanding terbalik dengan hasil tes kuat tekan, yaitu semakin tinggi kuat tekan maka semakin kecil nilai porositas yang di hasilkan, seperti pada beton geopolimer kontrol dengan kuat tekan rata-rata 3,67 MPa didapatkan nilai porositas yang besar yaitu 18,3% kemudian pada penambahan sp 0,5% dengan kuat tekan 6,59 MPa nilai porositasnya 14,5%, dan pada penambahan sp 1,0% dengan kuat tekan 7,42 MPa nilai porositasnya 14,5% serta pada penambahan sp 1,5% dengan kuat tekan 8,41 MPa nilai porositasnya 14% kemudian pada penambahan sp 2,0% dengan kuat tekan 12,49 MPa nilai porositas yang dihasilkan adalah yang terkecil yaitu 12,5%.

Semakin tinggi kuat tekan yang dihasilkan oleh beton geopolimer maka semakin kecil pula nilai porositasnya, hal ini sesuai dengan teori bahwa semakin tinggi tingkat kepadatan pada beton maka semakin besar kuat tekan atau mutu beton, sebaliknya semakin besar porositas beton maka kekuatan beton akan semakin kecil. Penyebab porositas pada beton geopolimer besar adalah karena pengaruh proses pembuatannya yang susah dan cepat mengering sehingga menghasilkan banyak pori-pori, hal ini sesuai dengan penelitian Triwulan, Januarti Jaya Ekaputri dan Tami Adiningtyas yang menyatakan bahwa peningkatan molaritas menyebabkan peningkatan jumlah total pori, semakin tinggi molaritas diikuti dengan campuran yang semakin tidak workable, sehingga mendorong terbentuknya banyak pori dalam beton.

3. Keterkaitan tes kuat tekan dan berat benda uji

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 berat benda uji.

Maka dari itu perlu untuk dianalisis bagaimana hubungan berat benda uji terhadap kuat tekan pada beton geopolimer yang diberi *superplasticizer*. Berikut merupakan analisis data berat benda uji dan kuat tekan :



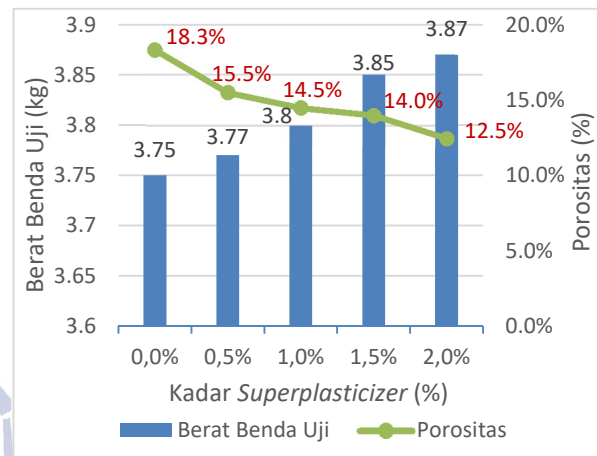
Gambar 9 Keterkaitan tes kuat tekan dan berat benda uji

Pada beton geopolimer umur 28 hari semakin tinggi kuat tekan yang dihasilkan maka semakin berat pula benda uji nya karena memang semakin padat beton geopolimer tersebut. Pada beton geopolimer kontrol dengan berat rata-rata 3,75 kg kuat tekan rata-ratanya adalah 3,67 MPa, untuk beton geopolimer dengan penambahan sp 0,5% berat benda uji yang di dapat rata-rata 3,77 kg dan kuat tekan yang dihasilkan 6,59 MPa, pada penambahan kadar 1,0% berat benda ujinya 3,80 kg dan kuat tekan nya 7,42 MPa, dan untuk penambahan sp 1,5% berat benda uji yang di dapat 3,85 kg dan menghasilkan kuat tekan rata-rata 8,41 kg, dan pada penambahan kadar 2% sp dengan berat benda uji 3,87 kg kuat tekan rata-rata yang di hasilkan 12,49 MPa. Semakin berat benda uji maka semakin tinggi kepadatan beton geopolimer sehingga semakin berat benda uji, kuat tekan beton juga semakin tinggi.

4. Keterkaitan tes porositas dan berat benda uji.

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 beratvolume.



Gambar 10 Keterkaitan tes porositas dan berat benda uji

Semakin besar berat benda uji maka semakin kecil nilai porositas yang dihasilkan karena memang semakin tinggi tingkat kepadatan beton dan mengecilnya pori-pori beton. Pada beton geopolimer kontrol/tanpa menggunakan sp dengan berat benda uji rata-rata 3,75 kg nilai porositas yang di dapat cukup tinggi yaitu 18,30 %, sedangkan pada benda uji yang mendapatkan tambahan *superplasticizer* dengan berat benda uji yang tidak terlalu jauh nilai porositasnya cukup kecil, seperti pada penambahan sp 0,5% dengan berat benda uji 3,77 kg nilai porositas yang dihasilkan 15,50%, kemudian pada penambahan sp 1,0% dengan berat benda uji 3,8 kg nilai porositasnya 14,5%, dan pada penambahan sp 1,5% dengan berat benda uji rata-rata 3,85 kg nilai porositas yang dihasilkan 14% kemudian pada penambahan *superplasticizer* 2,0% dengan berat rata-rata benda uji 3,87 kg nilai porositas yang dihasilkan cukup kecil yaitu 12,5%. Semakin kecil porositas maka semakin berat benda uji tersebut karena beton semakin memadat, dengan semakin tinggi tingkat kepadatan beton maka semakin tinggi pula kuat tekan yang dihasilkan, karena pori-pori pada beton membuat semakin tingginya resiko terjadinya keretakan.

Simpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian dan beberapa pengujian yang telah dilakukan telah didapat data yang dibutuhkan dan didapat kesimpulan antara lain adalah sebagai berikut:

1. Kadar optimum penambahan zat aditif *superplasticizer* (SP) pada beton geopolimer didapatkan pada campuran dengan penambahan kadar SP 2,0% dengan kuat tekan rata-rata yang

dihasilkan sebesar 12,49 MPa meskipun masih belum memenuhi target kuat tekan rencana, tetapi hasil ini sudah cukup baik karena terjadi peningkatan kuat tekan sebesar 240% dari beton geopolymer kontrol yang kuat tekannya hanya mencapai 3,67 MPa.

2. Nilai porositas yang didapat pada penambahan zat aditif *superplasticizer* (SP) pada beton geopolimer adalah 15,5% pada penambahan kadar 0,5%, 14,5% pada penambahan 1,0%, 14% pada penambahan kadar 1,5% dan 12,5% pada penambahan kadar 2,0% serta 18,3% pada beton geopolimer kontrol. Semakin banyak penambahan kadar *superplasticizer* maka semakin kecil nilai porositas yang di dapatkan sehingga semakin tinggi kuat tekan yang dihasilkan.
3. Kuat tekan rata-rata beton geopolimer yang didapat dengan penambahan zat aditif *superplasticizer* (SP) adalah 6,18 MPa pada penambahan aditif 0,5%, 7,95 MPa pada penambahan aditif 1,0%, 8,41 MPa pada penambahan kadar 1,5% dan 12,49 MPa pada penambahan kadar SP 2,0%, serta 3,67 MPa pada beton geopolimer kontrol. Semakin banyak penggunaan aditif *superplasticizer* pada beton geopolimer maka semakin tinggi kuat tekan yang dihasilkan.

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
- Aer, Anggi adityo dkk. 2014. “Pengaruh variasi kadar Superplasticizer terhadap nilai slump beton geopolimer”. Tugas akhir tidak diterbitkan.
- Ahadi. 2010. Air yang baik sebagai bahan bangunan, (Online), (<http://www.ilmusipil.com/air-yang-baik-sebagai-bahan-bangunan>, diakses 20 Desember 2018)
- ASTM C.33 – 03. 2002. Standard Spesification for Concrete Agregates. Annual Books of ASTM Standards, USA
- Badan Standarisasi Nasional 1990. SNI.03-1750-1990: Mutu dan cara uji Agregat Beton.
- Badan Standarisasi Nasional 2002. SNI.03-2847-2002: Tata cara perencanaan struktur beton untuk bangunan gedung.
- Badan Standarisasi Nasional 2002. SNI.6820-2002: Spesifikasi Agregat halus untuk pekerjaan adukan dan plesteran dengan bahan dasar semen.
- Badan Standarisasi Nasional 2008. SNI.1970-2008: Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus.
- Chu-kia wang, Salmon Charles G. 1993. Desain Beton Bertulang. Jakarta: Erlangga
- D. J. Sumajouw, Marthin dan Servie O. Dapas. 2013. Elemen Struktur Beton Bertulang Geopolymer. Yogyakarta: CV. Andi Offset
- Davidovits, J. 1994. High-alkali cements for 21st century concretes. In concrete technology, past, present and future. In proceedings of V. Mohan Malhotra Symposium. 1994. Editor: .Kumar Metha, ACI SP-144. Pp: 383-397.
- Davidovits, J. 1999. Chemistry of geopolymer systems, terminology. In Proceedings of Geopolymer '99 International Conferences, france.
- Davidovits, J. 2002. Properties of Geopolimer, France: Geopolimer Institute
- Fajri, Khairul. 2017. Pengertian Agregat, jenis-Jenis dan Klasifikasinya (Agregat Halus & Kasar), (Online),(<http://www.dataarsitek.com/2017/01/pengertian-agregat-jenis-dan-klasifikasi-Kasar-Halus.html>, diakses 26 Januari 2018)
- Hardjito, D., Wallah, S. E & Rangan, B. V.2002 Properties of geopolymer concrete with Fly ash as source Material: effect of mixture composition. Las Vegas, SP-222-8, pp. 109-118.
- Hardjito, djawantoro dkk. 2006. Factor influencing the compressive strength of Fly ash- based geopolymer concrete. Jurnal civil engineering Dimension. Vol. 6, no. 2: PP 88-93
- Kusumaningrum, rahayu dkk. 2010. “Pengaruh beton geopolimer fly ash dengan metode Self Compacting Concrete (SCC) terhadap kuat tekan beton”. Tugas akhir tidak diterbitkan.
- Maholtra, V. M. 1999. Making concrete ‘greener’ with fly ash. ACI Concrete International, 21, pp: 61-66.
- Mulyono, Tri. 2003. Teknologi Beton. Yogyakarta: Andi
- Triwulan, dkk. 2006. “Analisa sifat mekanik beton geopolimer berbahan dasar fly ash dan lumpur porong kering sebagai pengisi”. Tugas akhir tidak diterbitkan.
- Zulkafli, Dian. 2014. “Tinjauan sifat fisik dan mekanik pada beton geopolimer tanpa pasir dengan penambahan variasi superplasticizer”. Tugas akhir tidak diterbitkan.