

## KUAT TEKAN BETON GEOPOLYMER BERBAHAN DASAR ABU TERBANG (FLY ASH)

Riger Manuahe,

Marthin D. J. Sumajouw, Reky S. Windah

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi

Email : [manuaheriger@yahoo.com](mailto:manuaheriger@yahoo.com)

### ABSTRAK

Beton merupakan material yang sangat penting dan banyak digunakan untuk membangun infrastruktur. Kebutuhan akan beton meningkat sejalan dengan meningkatnya kebutuhan sarana dan prasarana dasar manusia. Oleh karena itu produksi semen sebagai bahan pengikat beton meningkat pula. Dalam proses produksi semen terjadi pelepasan karbon dioksida ( $CO_2$ ) yang sangat banyak ke atmosfer yang dapat merusak lingkungan. Untuk mengatasi efek buruk tersebut maka perlu dicari material lain sebagai bahan pengganti semen.

Beton geopolimer merupakan salah satu alternatif untuk mengganti beton yang menggunakan semen yang kurang ramah lingkungan. Beton geopolimer dibuat tanpa menggunakan semen sebagai bahan pengikat, dan sebagai gantinya digunakan Abu Terbang (Fly Ash) yang kaya akan Silika dan Alumina dan dapat bereaksi dengan cairan alkalin untuk menghasilkan bahan pengikat (binder).

Pada penelitian ini dilakukan pengujian kuat tekan beton terhadap sejumlah benda uji berbentuk kubus  $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}^3$  dengan variasi curing time: 4 jam, 8 jam, 12 jam dan 24 jam menggunakan oven. Berdasarkan hasil penelitian dapat diperoleh grafik hubungan antara kuat tekan beton terhadap curing time. Trend menunjukkan bahwa semakin lama curing time maka semakin besar kuat tekan yang dihasilkan. Terlihat juga bahwa kuat tekan optimum dihasilkan pada curing time 24 jam.

Kata kunci : beton geopolimer, fly ash, ramah lingkungan, kuat tekan

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Sejauh ini kita kenal beton sebagai material bangunan paling populer, tersusun dari komposisi utama batuan (agregat), air, dan Semen Portland atau yang biasa kita sebut dengan beton konvensional. Beton menjadi material yang sangat penting dan banyak digunakan untuk membangun berbagai infrastruktur seperti gedung, jembatan, jalan raya, dibawah tanah seperti pondasi.

Beton dilihat dari segi kuantitas, menjadi material yang paling banyak digunakan manusia setelah air. Menurut Metha (1997) konsumsi dunia untuk beton sekitar 8,8 juta ton setiap tahun, dan kebutuhan material ini akan meningkat dari tahun ke tahun sejalan dengan meningkatnya kebutuhan sarana dan prasarana dasar manusia.

Akhir-akhir ini beton yang kita kenal makin sering mendapatkan kritik, khususnya dari kalangan yang peduli dengan kelestarian lingkungan hidup. Hal pertama yang sering dijadikan sasaran perhatian adalah emisi gas rumah kaca (karbon dioksida) yang dihasilkan pada proses produksi semen. Gas ini dilepaskan

ke atmosfer kita dengan bebas dan kemudian merusakkan lingkungan hidup kita, diantaranya menyebabkan pemanasan global.

Untuk mengatasi efek buruk yang merusak lingkungan dan memperbaiki problem durabilitas pada material beton yang menggunakan Semen Portland, maka diperlukan material lainnya sebagai pengganti Semen Portland untuk digunakan pada pembuatan beton. Prof. Joseph Davidovits menamakan temuannya *geopolymer* karena merupakan sintesa bahan-bahan alam nonorganik lewat proses polimerisasi. Bahan dasar utama yang diperlukan untuk pembuatan material *geopolymer* ini adalah bahan-bahan yang banyak mengandung unsur-unsur silika dan alumina. Unsur-unsur ini banyak didapati, di antaranya pada material hasil sampingan industri, seperti misalnya *fly ash* dari sisa pembakaran batu bara.

Material *fly ash* dalam pembuatan beton dapat saja beraksi secara kimia dengan cairan alkalin pada temperatur tertentu untuk membentuk material campuran yang memiliki sifat seperti semen. Material geopolimer ini digabungkan dengan agregat batuan kemudian menghasilkan beton geopolimer, tanpa menggunakan semen lagi.

### Rumusan Masalah

Pada penelitian ini dilakukan pengujian kuat tekan beton *geopolymer* yang berbahan dasar *fly ash* dalam bentuk benda uji berbentuk kubus  $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}^3$  dengan variasi curing time: 4 jam, 8 jam, 12 jam dan 24 jam, Proses curing menggunakan oven.

### Pembatasan Masalah

Penelitian ini dibatasi oleh beberapa hal, sebagai berikut :

1. Material pembentuk beton *geopolymer* :
  - a. *Fly ash* kelas F yang berasal dari PLTU Amurang.
  - b. Cairan alkalin yaitu kombinasi cairan Sodium Silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) dan Sodium Hidroksida ( $\text{NaOH}$ ) konsentrasi 8M dengan *purity* 98% .
  - c. Bahan tambah yang digunakan adalah *Superplasticizer Sika Viscocrete-10* Produksi PT. Sika® Indonesia.
  - d. Agregat kasar dipakai batu pecah dari Desa Tateli.
  - e. Agregat halus dipakai pasir yang berasal dari Desa Girian.
  - f. Air yang digunakan adalah air sumur Fakultas Teknik UNSRAT.
2. Benda uji yang digunakan berbentuk kubus dengan ukuran  $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}^3$  dengan sampel 20 buah kubus beton dengan 4 (empat) variasi yang masing-masing berjumlah 5 sampel.
3. Perawatan benda uji menggunakan oven dengan *Curing Temperature*  $60^\circ\text{C}$  dan *Curing Time* dengan variasi selama 4 jam, 8 jam, 12 jam dan 24 Jam.
4. Pemeriksaan kuat tekan beton dilakukan pada umur 7 hari.

### Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian adalah untuk mendapatkan nilai kuat tekan dari beton *geopolymer* yang menggunakan bahan dasar *fly ash*, beserta trendnya untuk variasi curing time: 4 jam, 8 jam, 12 jam dan 24 jam.

### Manfaat Penelitian

1. Membuktikan bahwa *fly ash* asal Amurang dapat dijadikan sebagai alternatif pengganti semen dalam pembuatan beton.
2. Mendapatkan informasi tentang kekuatan tekan beton *geopolymer* yang memanfaatkan *fly ash* asal Amurang.
3. Mengetahui seluk beluk cara pembuatan beton *geopolymer* berbahan dasar abu terbang (*fly ash*)

## LANDASAN TEORI

### Beton *Geopolymer*

*Geopolymer* merupakan bahan atau material yang berupa anorganik yang disintesa melalui proses polimerisasi. Terminologi *geopolymer* pertama kali digunakan oleh Profesor Davidovits pada tahun 1978 (Davidovits, 1988) untuk menjelaskan tentang mineral *polymer* yang dihasilkan melalui *geochemistry*. *Geopolymer* adalah bentuk anorganik alumina-silika yang disintesa dari material yang banyak mengandung Silika (Si) dan Alumina (Al) yang berasal dari alam atau dari material hasil sampingan industri.

Komposisi kimia material *geopolymer* serupa dengan Zeolit, tetapi memiliki mikrostruktur *amorphous* (Davidovits, 1999). Selama proses sintesa, atom Silika dan Alumina menyatu dan membentuk blok yang secara kimia memiliki struktur yang mirip dengan batuan alam

### Material Penyusun

Material *polymer* anorganik alkali aluminosilikat dapat disintesis (dibuat) dari komponen solid yang mengandung alumina dan silika berkonsentrasi tinggi. Komponen solid adalah bahan utama dalam pembentuk *polymer*. Komponen solid tersebut dapat berupa mineral alami ataupun limbah industri. Unsur-unsur kimia didalam komponen solid bila dicampur dengan larutan alkali sebagai komponen aktivator, akan menghasilkan material pasta *geopolymer* dengan kekuatan mengikat seperti pasta semen.

Dalam penelitian ini bahan pengikat beton *geopolymer* adalah sistem anorganik 2 komponen yang terdiri atas komponen solid yang memiliki kandungan Silika (Si) dan Alumina (Al) yaitu *fly ash* dan komponen aktivator yang berupa sodium silikat dan sodium hidroksida.

### Solid Material (*Fly Ash*)

Solid material adalah salah satu komponen sistem anorganik *geopolymer*. Solid material untuk *geopolymer* dapat berupa mineral alami seperti kaolin, tanah liat, mika, andalusit, spinel dan lain sebagainya. Alternatif lain yang dapat digunakan adalah material yang berasal dari produk sampingan seperti *fly ash*, *silica fume*, *slag*, *rice-husk ash*, lumpur merah, dan lain-lain.

Penelitian ini menggunakan *fly ash* sebagai solid material. *Fly Ash* merupakan material hasil sampingan (*by-product*) industri salah satunya adalah sisa hasil proses pembakaran batubara

pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) material ini banyak digunakan sebagai bahan tambahan untuk memperbaiki kinerja beton.

Material abu terbang dikategorikan dalam material “*pozzolon*” yakni material *siliceous* atau *aluminous* yang didalamnya terdapat sedikit sekali atau tidak sama sekali material *cementious* sebagaimana yang dimiliki Semen Portland.

Material abu terbang dapat saja bereaksi secara kimia dengan cairan alkalin pada temperatur tertentu untuk membentuk material campuran yang memiliki sifat seperti semen.

#### **Alkalin Aktivator (Sodium Silikat dan Sodium Hidroksida)**

Alkalin aktivator yang digunakan adalah Sodium silikat dan sodium hidroksida. Sodium silikat berfungsi untuk mempercepat reaksi polimerisasi, sedangkan sodium hidroksida berfungsi untuk mereaksikan unsur-unsur Al dan Si yang terkandung dalam *fly ash* sehingga dapat menghasilkan ikatan *polymer* yang kuat.

#### **Bahan Tambah (Superlasticize -Sika Viscocrete-10)**

Bahan tambah (*Admixture*) didefinisikan sebagai material selain air, agregat, semen dan fiber yang digunakan dalam campuran beton atau mortar, yang ditambahkan dalam adukan segera sebelum atau selama pengadukan dilakukan

*Superplasticizer* adalah bahan tambah yang digunakan sebagai salah satu cara meningkatkan kemudahan pelaksanaan pekerjaan pengecoran (*workability*) beton dengan menggunakan air sesedikit mungkin. Penggunaan *superplasticizer* mulai dikembangkan di Jepang dan Jerman pada tahun 1960-an dan menyusul kemudian di Amerika Serikat pada 1970-an.

Dalam penelitian ini Superplasticizer yang digunakan adalah Sika Viscocrete-10 yaitu bahan tambah berupa cairan yang ditambahkan pada campuran beton dalam jumlah tertentu untuk mengubah beberapa sifat beton.

Bahan tambah Sika Viscocrete-10 termasuk Tipe F “Water Reducing, High Range Admixtures” yaitu bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan meningkatkan nilai slump sehingga mudah untuk dikerjakan (*workability*). Jenis bahan tambah ini adalah berupa Superplasticizer, dosis yang disarankan adalah 0,4% - 1,5% dari berat semen.

Dosis yang berlebihan akan menyebabkan menurunnya kuat tekan beton.

#### **Kuat Tekan Beton**

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Secara matematis kuat tekan beton dinyatakan sebagai berikut:

$$f'c = \frac{P}{A}$$

dimana:

$f'c$  = Kuat Tekan Beton (MPa)

P = Beban Maksimum (N)

A = Luas Penampang (mm<sup>2</sup>)

#### **METODE PENELITIAN**

Pelaksanaan penelitian diawali dengan studi pustaka, dilanjutkan dengan penelitian di Laboratorium Struktur dan Material Bangunan Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi.

Tahapan pelaksanaan penelitian sebagai berikut:

1. Persiapan alat dan bahan penelitian
2. Pengujian karakteristik material untuk agregat kasar dan agregat halus yang meliputi:
  - a. Pemeriksaan gradasi
  - b. Pemeriksaan kadar air
  - c. Pemeriksaan berat jenis, berat volume dan absorpsi
  - d. Pemeriksaan keausan
3. Pengujian solid material (*fly ash*) untuk mengetahui unsur-unsur kimia dalam material tersebut
4. Perencanaan komposisi campuran
5. Pembuatan benda uji
  - a. Pembuatan campuran beton (*Mixing*)
  - b. Pemeriksaan slump
  - c. Pencetakan (*Moulding*)
6. Perawatan (*Curing*)
7. Pemeriksaan berat volume benda uji
8. Pengujian kuat tekan untuk setiap benda uji
9. Menganalisa data hasil pengujian yang telah dilakukan
10. Dibuat kesimpulan terhadap hasil penelitian

#### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

##### **Pengujian Material**

Langkah pertama yang dilakukan sebelum penelitian ini dimulai adalah melakukan pengujian material penyusun *geopolymer* untuk mengetahui komposisi kimia dari unsur-unsur penyusunnya.

### Pengujian Solid Material (*Fly Ash*)

Material *fly ash* sebagai solid material diuji dengan Metode Analisis Gravimetrik, S.S.A dan Spektrofotometer di Balai Riset dan Standardisasi Industri Manado untuk mengetahui persentase komposisi unsur-unsur yang terkandung dalam *fly ash*, dimana diharapkan sebagian besar unsur penyusun dari *fly ash* adalah unsur alumina dan silika. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Bahan Pembentuk *Fly Ash*

No	Parameter	Hasil Analisis (%)
1	SiO <sub>2</sub>	36,23
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,25
3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,34
4	CaO	2,85
5	Na <sub>2</sub> O	0,93
6	K <sub>2</sub> O	0,14
7	MgO	0,49
8	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,06
9	Air	0,52

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada tanggal 13 Februari 2014, *fly ash* yang digunakan berasal dari PLTU Amurang, didominasi oleh unsur silika-besi- dan alumina. Dengan kandungan CaO 2,85 % < 5% sesuai dengan *ACI Manual of Concrete Practice 1993 Part 1 226.3R-3*, maka hasil pemeriksaan *fly ash* termasuk kelas F.

### Nilai Slump

Salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui *workability* campuran beton adalah dengan cara pemeriksaan nilai slump. Nilai slump merupakan nilai yang diperoleh dari hasil uji slump dengan cara beton segar dimasukkan ke dalam suatu cetakan baja berupa kerucut terpancung, kemudian kerucut ditarik ke atas sehingga beton segar meleleh ke bawah. Besar penurunan permukaan beton segar diukur, dan disebut nilai 'slump'. Makin besar nilai slump, maka beton segar makin encer dan ini berarti semakin mudah untuk dikerjakan.

Berdasarkan hasil pengujian slump beton *geopolymer*, meskipun dosis dari *Superplasticizer* yang digunakan sudah maksimum yaitu 1,5 % dari *binder* tetapi nilai slumpnya relatif kecil. Diperkirakan, nilai slump yang kecil pada beton *geopolymer* disebabkan oleh waktu pengikatan awal (*setting-time*) dari beton *geopolymer* yang terlalu cepat, sehingga hal ini

menyebabkan beton *geopolymer* cukup sulit untuk dicetak atau tidak *workability*.

### Berat Volume

Berat volume beton adalah perbandingan antara berat beton terhadap volumenya. Berat volume rata-rata beton *geopolymer* dari hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Berat Volume Rata-rata

No	Jumlah Benda Uji	Berat Volume Rata-rata (kg/m <sup>3</sup> )
1	5	2104,3
2	5	2076,4
3	5	2078,8
4	5	2084,1

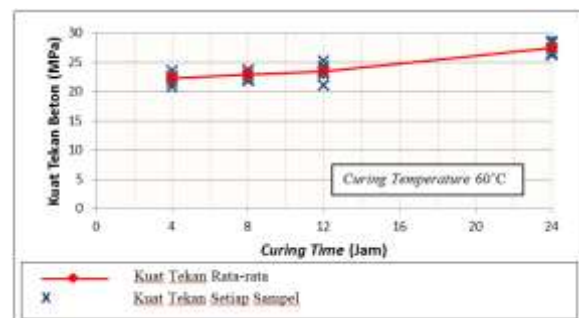
Dari hasil yang diperoleh terlihat bahwa berat volume berkisar antara 2076,4 kg/m<sup>3</sup>-2104,3 kg/m<sup>3</sup> sesuai dengan klasifikasi berat jenis beton, maka hasil pemeriksaan berat volume beton termasuk beton berbobot normal.

### Kuat Tekan

Berdasarkan pengujian kuat tekan yang dilakukan, terjadi perubahan peningkatan kekuatan pada masing-masing variasi *curing time*. Untuk membandingkan dan mengetahui pengaruh variasi *curing time* terhadap peningkatan kekuatan beton itu sendiri, dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 Kuat Tekan Beton Rata-rata

No	Curing Time (Jam)	Kuat Tekan Beton Rata-rata (MPa)
1	4	22,174
2	8	22,834
3	12	23,408
4	24	27,462



Gambar 1 Grafik Hubungan Variasi *Curing Time* terhadap Kuat Tekan Beton

Berdasarkan pada tabel dan grafik di atas, beton *geopolymer* pada umur 7 hari dan *Curing Temperature* 60°C dengan variasi *Curing Time*

selama 4 jam, 8 jam, 12 jam dan 24 jam dapat disimpulkan, bahwa semakin lama *curing time* maka semakin besar kuat tekan yang dihasilkan. Kuat tekan optimum yang dihasilkan pada *curing time* selama 24 jam dengan nilai  $f'c = 27,462$  MPa.

Dari hasil pengujian juga diperoleh nilai konversi beton *curing time* 4 jam, 8 jam, 12 jam ke 24 jam. Tabel konversi beton untuk masing-masing *curing time* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Tabel konversi beton *geopolymer*

<i>Curing Time</i> (Jam)	Perbandingan Kuat Tekan
4	0,807
8	0,831
12	0,852
24	1,000

## PENUTUP

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pengolahan data, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai kuat tekan beton *geopolymer* mengalami peningkatan seiring penambahan *curing time*, dimana kuat tekan yang maksimum terjadi pada *curing time* selama 24 jam dengan proses *curing oven*.
2. Berdasarkan klasifikasi berat jenis beton, hasil pemeriksaan berat volume beton termasuk beton berbobot normal.
3. Berdasarkan hasil pengujian *fly ash*, termasuk *fly Ash* rendah kalsium (*low-calcium fly ash*) yang menurut kategori ACI berada pada kelas F.
4. Uji slump untuk beton *geopolymer* menghasilkan nilai slump yang cukup rendah. Hal ini menyebabkan beton *geopolymer* cukup sulit untuk dicetak atau tidak *workability*.

### Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan penelitian ini antara lain:

1. Melakukan pengujian variasi *curing temperature* dan *curing time* lebih dari 24 jam serta umur beton lebih dari 7 hari untuk mendapatkan kuat tekan beton yang optimum.
2. Melakukan penelitian lebih lanjut dengan melakukan variasi molaritas Sodium Hidroksida (NaOH) dan perbandingan antara Siliat terhadap Sodium Hidroksida untuk mendapatkan yang optimum.
3. Melakukan pengujian dengan menggunakan *fly ash* (abu terbang) kelas yang berbeda sebagai solid material.
4. Melakukan tes elastisitas untuk mendapatkan nilai *modulus elastisitas* pada beton *geopolymer*.
5. Dosis maksimum *Superplasticizer* yang digunakan hanya berdasarkan pada data teknis untuk beton konvensional, jadi perlu dilakukan pengujian dengan dosis yang lebih untuk mendapatkan kemudahan dalam pengerjaan (*workability*).
6. Tabel konversi beton *geopolymer* diperoleh hanya pada pengujian *curing time* 4 jam hingga 24 jam, jadi perlu dilakukan pengujian *curing time* lebih dari 24 jam untuk mencari nilai optimum (pengerasan beton secara sempurna).
7. Memperhatikan waktu pencampuran cairan alkalin aktivator (sodium hidroksida dan sodium silikat), pencampuran yang terlalu lama akan menyebabkan *setting-time* beton segar menjadi cepat sehingga sulit untuk dicetak.
8. Memperhatikan penggunaan pelumas untuk bekisting benda uji, karena sangat mempengaruhi volume benda uji, penggunaan pelumas yang salah dapat menyebabkan lengketnya benda uji pada saat pembukaan bekisting.

## DAFTAR PUSTAKA

- ACI 232.2R-03, 2003. *Use of Fly Ash in Concrete*. Reported by ACI Committee 232, American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan 48333-9094.
- Davidovits, J., 1999. *Chemistry of Geopolymer System, Terminology*. Paper presented at the Geopolymer '99 International Conference, Saint-Quentin, France.

- Gandina, Nisa L., 2013. *Studi Eksperimental Beton Geopolimer yang Memanfaatkan Fly Ash sebagai Pengganti Semen dan Serat Mat sebagai Aditif*, Skripsi Sarjana, Universitas Komputer Indonesia, Bandung.
- Hardjito, D., Rangan B. V., 2005. *Development and properties of Low-calcium fly ash-based Geopolymer concrete*, Research Report GC 1 Faculty of Engineering Curtin University of Technology Perth, Australia.
- Hardjito, D., Wallah, S. E., Sumajouw, D. M. J., dan Rangan B. V., 2004. *On The Development of Fly Ash-Based Geopolymer Concrete*, Technical Paper No. 101-M52, ACI Material Journal, Vol. 101, No. 6, November-Desember, American Concrete Institute.
- Hartanto, Daniel A., 2007. *Pembuatan Beton Geopolimer dengan Menggunakan Sisa Beton Semen*. Bachelor Thesis, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Nugraha P., Antoni, 2007. *Teknologi Beton, dari Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Rousttia, Kresnadya D., 2008. *Perilaku Balok Beton Bertulang Geopolimer Akibat Pembebanan Dinamis dengan Pile Integrity Test*, Skripsi Sarjana. Universitas Indonesia, Jakarta.
- Sumajouw, D. M. J., Dapas, S. O., 2012. *Elemen Struktur Beton Bertulang Geopolymer*, Tim Penerbit JTS FT UNSRAT, Manado.