

KAJIAN TEMPERATUR *CURING* PADA KUAT TEKAN BETON GEOPOLIMER BERBAHAN DASAR KAOLIN

*(Study of Curing Temperature on Compressive Strength of Kaolin Based
Geopolymer)*

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, Januari 2016

*(Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, State University of Jakarta, in
January 2016)*

Pembimbing 1 : Dr. Gina Bachtiar, M. T

Pembimbing 2 : Winoto Hadi, M. T

Penulis : Tri Wulandari

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa temperatur *curing* pada kuat tekan beton geopolimer. Beton geopolimer yang diteliti berbahan dasar kaolin.

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Uji Bahan Universitas Negeri Jakarta dengan metode eksperimen. Penelitian ini menggunakan benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Perawatan benda uji dengan dimasukkan ke oven pada temperatur 60°C, 75°C, 90°C, 105°C, dan 120°C selama 8 jam. Pengujian kuat tekan beton geopolimer menggunakan alat *Crushing Test Machine*.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat kenaikan kuat tekan beton geopolimer pada temperatur *curing* yang berbeda. Semakin tinggi temperatur *curing* maka memperbesar kuat tekan beton geopolimer yang dihasilkan, hasil kuat tekan beton geopolimer dengan temperatur *curing* 60°C, 75°C, dan 90°C adalah 11,65 MPa, 12,92 MPa, dan 14,70 MPa. Namun kekuatan tekan beton geopolimer menurun pada temperatur *curing* diatas 100°C, hasil kuat tekan beton geopolimer dengan temperatur *curing* 105°C dan 120°C adalah 12,97 MPa dan 11,42 MPa.

Kata Kunci: Temperatur *curing*, Beton Geopolimer, Kuat Tekan

ABSTRACT

This research aimed to analyze curing temperature on the compressive strength of geopolymer concrete. The studied object were kaolin based.

This research was conducted in Materials Testing Laboratory, State University of Jakarta with experimental method. This research uses a cylindrical test object with a diameter of 15 cm and 30 cm high. The treatment of the test object is inserted into the oven at temperature of 60°C, 75°C, 90°C, 105°C, and

120°C for 8 hours. Compressive strength testing of geopolymer concrete is using a Crushing Test Machine.

These results indicate that there is an increase in compressive strength of geopolymer concrete at different curing temperatures. The higher the curing temperature, the stronger the compressive strength of geopolymer concrete is produced, the results of compressive strength of geopolymer concrete with curing temperature of 60°C, 75°C, and 90°C are 11,65 MPa, 12,92 MPa, and 14,70 MPa. However, the compressive strength of geopolymer concrete decreases at curing temperatures above 100°C, the results of compressive strength of geopolymer concrete with curing temperature of 105°C and 120°C are 12,97 MPa and 11,42 MPa.

Keywords: *Curing Temperature, Geopolymer Concrete, Compressive Strength*

1.PENDAHULUAN

Beton merupakan campuran dari bahan pengikat yaitu semen dengan agregat halus dan agregat kasar. Penggunaan beton untuk konstruksi bangunan sudah sejak lama karena beton cukup fleksibel untuk berbagai bentuk bangunan, baik untuk bangunan berskala kecil (bangunan rumah tinggal/ruko) hingga berskala besar (hotel/apartemen/mall/jalan/ jembatan/bendungan).

Penggunaan beton sebagai material favorit konstruksi bangunan di dunia termasuk di Indonesia karena beton memiliki banyak kelebihan dibandingkan dengan bahan struktur lainnya. Kelebihan beton yaitu : dapat mengikuti bentuk bangunan secara bebas, pengerjaannya mudah tidak harus memerlukan teknologi tinggi, kuat tekan beton sangat tinggi, tahan terhadap karat dan api, ekonomis karena biaya pemeliharaan hampir tidak ada, serta dapat sebagai isolator suara.

Walaupun begitu, beton juga mempunyai beberapa sifat yang kurang menguntungkan dalam penggunaannya, yaitu: tidak dapat dibongkar pasang atau dipindahkan, kualitas/mutu beton bergantung dari pelaksanaan, bongkaran beton tidak dapat dipakai kembali (*no recycle*), kuat tariknya rendah sehingga relatif getas, penyusutan kering, perubahan kadar air serta terjadi rayapan, serta kualitas beton sangat dipengaruhi oleh jenis bahan pengikat yang digunakan, yaitu semen portland (Sembiring, 2010: 1).

Semen portland sebagai unsur perekat dalam beton. Sifatnya yang membutuhkan waktu lama dalam proses pengerasan dan pengeringan akan sangat mengganggu fungsi dari gedung/bangunan yang akan segera dioperasikan. Selain itu, proses pembuatan semen portland menghasilkan emisi gas CO₂ yang cukup tinggi sehingga menjadikannya sebagai material yang tidak ramah lingkungan (Sembiring, 2010: 1).

Jumlah karbon dioksida yang dilepas selama proses pembuatan semen portland memiliki perbandingan yang sama dengan jumlah semen portland yang dihasilkan. Artinya dalam proses pembuatan satu ton semen portland akan melepas satu ton gas karbon dioksida ke atmosfer. Secara global, proses produksi semen portland memberikan kontribusi sekitar 7% dari total keseluruhan karbon dioksida yang dihasilkan dari bumi. Fakta ini memiliki arti bahwa ada sekitar 1,6 miliar ton gas karbon dioksida yang dilepas ke atmosfer (Sarker, 2009: 715-724, diacu dalam Sembiring, 2010: 1). Karena sekarang

merupakan sebuah prioritas untuk mengontrol pemanasan global dengan mengurangi emisi gas karbon dioksida, maka sangatlah tepat untuk mencari material agen pengikat alternatif yang memiliki tingkat emisi gas buang yang rendah (Sembiring, 2010: 2).

Dalam beberapa tahun belakangan ini, geopolimer telah dipelajari dan diteliti secara ekstensif dikarenakan sifat dan karakteristiknya yang baik sekali. Geopolimer merupakan material polimer anorganik alumina-silika yang diperoleh dari proses geokimia (Davidovits, 1994: 383-398, diacu dalam Sembiring, 2010: 2). Sifat dan karakteristiknya meliputi kekuatan tekan yang tinggi, ketahanan terhadap api, dan minimnya limbah dan zat-zat radioaktif berbahaya yang mengandung racun yang dihasilkan dalam proses produksi. Selain itu, geopolimer juga sering kali disebut-sebut sebagai "*green material*" atau material ramah lingkungan mengingat konsumsi energinya yang rendah pada saat proses pembuatan serta memiliki emisi gas buang yang rendah yang dihasilkan pada proses rekayasa maupun produksi (Zhang, dkk., 2010: 1189-1192, diacu dalam Sembiring, 2010: 2).

Kebutuhan akan instan yaitu memiliki sifat yang cepat mengeras namun tetap memiliki kekuatan yang tinggi dalam waktu yang relatif singkat menjadi hal penting dalam rangka pembangunan gedung/bangunan beton. Semen geopolimer memiliki potensi sebagai semen instan. Berbeda dengan semen konvensional atau semen portland, kekuatan optimum geopolimer diperoleh dengan waktu yang lebih singkat bersamaan dengan proses pengerasan serta pengaruh temperatur (Astutiningsih, 2009: 204-207, diacu dalam Sembiring, 2010: 2). Geopolimer dapat dibuat dari bahan baku yang berupa senyawa alumina-silika dengan larutan alkali aktivator.

Kaolin merupakan salah satu bahan baku utama yang umum digunakan dalam pembuatan semen geopolimer dengan menggunakan natrium hidroksida dan *waterglass* sebagai aktivatornya (Granizo, 2007: 2934-2943, diacu dalam Sembiring, 2010: 2). Dengan mencampur antara kaolin dan zat aktivator akan dihasilkan semen instan yang dapat berfungsi untuk pembangunan gedung/bangunan beton.

Temperatur *curing*, diketahui memiliki pengaruh yang besar terhadap sifat dan karakteristik dari geopolimer. Penelitian mengenai pengaruh dari berbagai temperatur telah dilaporkan sebelumnya oleh Alonso dan Palomo dengan prekursor *fly ash* dimana temperatur *curing* yang telah diuji berada pada kisaran 35-60⁰C. Dengan naiknya temperatur, mereka mengamati bahwa reaksi geopolimerisasi terjadi lebih cepat yang menghasilkan kekuatan tekan juga yang meningkat (Kong, dkk., 2008: 824-831, diacu dalam Sembiring, 2010: 3). Hal ini juga telah dibuktikan oleh penelitian Afrizal dimana dengan menggunakan kaolin, faktor temperatur juga mempengaruhi kenaikan kekuatan tekan pasta dan beton geopolimer. Berdasarkan literatur, dapat disimpulkan pengaruh meningkatkan temperatur *curing* mempercepat reaksi polimerisasi dari larutan alkali dan prekursor sehingga kuat tekan beton akan lebih besar pada temperatur yang lebih tinggi.

Pada penelitian ini akan ditinjau pengaruh dari temperatur *curing* terhadap kuat tekan beton geopolimer. Namun pada penelitian Afrizal dinyatakan pula temperatur *curing* terlampaui tinggi diatas 100⁰C, *curing* tidak akan terjadi karena air menguap pada temperatur seratus derajat selsius keatas.

2. METODA

2.1 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh temperatur *curing* pada kuat tekan beton geopolimer berbahan dasar kaolin.

2.2 Metode Penelitian

Metode penelitian yang akan digunakan adalah metode eksperimen, dengan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm yang dibuat dengan mengganti semen menjadi semen geopolimer dan perawatan beton geopolimer dengan proses memasukan beton geopolimer ke dalam oven dengan temperatur *curing* 60°C, 75°C, 90°C, 105°C, dan 120°C selama 8 jam.

2.3 Teknik Pengambilan Sampel

2.3.1 Populasi

Populasi dalam penelitian ini adalah beton dengan pasta geopolimer yang terdiri dari campuran Natrium Hidroksida (NaOH), Natrium Silikat (Na₂SiO₃) dan serbuk Kaolin yang telah dikalsinasi menjadi Metakaolin.

2.3.2 Sampel

Sampel yang akan di uji dalam penelitian berjumlah 15 buah yang merupakan keseluruhan dalam populasi yang akan diuji kuat tekannya. Dimana jumlah sampel yang dipakai sesuai dengan SNI 03-2847-2002 tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung dan SNI 2458:2008 Tentang Tata Cara Pengambilan Contoh Beton Segar.

| Macam Pengujian | Sampel | Parameter | | Jumlah Sampel |
|-----------------|--------------------------------------|--------------------|-------------|---------------|
| | | Temperatur (°C) | Waktu (Jam) | |
| Kuat Tekan | Beton Silinder d=15 cm t=30 cm | 60 ⁰ C | 8 | 3 |
| | | 75 ⁰ C | 8 | 3 |
| | | 90 ⁰ C | 8 | 3 |
| | | 105 ⁰ C | 8 | 3 |
| | | 120 ⁰ C | 8 | 3 |
| Total Sampel | | | | 15 |

2.4 Prosedur Penelitian

2.4.1 Tahap Persiapan

Dalam persiapan penelitian ini dilakukan segala hal yang mendukung terlaksananya proses penelitian. Dimulai dari pemeriksaan material dan peralatan yang akan digunakan dalam penelitian, dan penentuan hari kerja penelitian.

2.4.2 Tahap Pemeriksaan Bahan

Sebelum bahan-bahan yang sudah tersedia digunakan dalam penelitian, maka harus dilakukan pemeriksaan terhadap bahan-bahan tersebut. Adapun pemeriksaan terhadap tiap-tiap bahan dapat dijabarkan sebagai berikut :

- **Prekursor**
Prekursor yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk kaolin yang berasal dari Bangka Belitung, kaolin. Serbuk kaolin harus diubah menjadi metakaolin dengan proses pembakaran. Temperatur dan waktu pembakaran adalah 800°C selama 3 jam. Setelah dilakukan proses pembakaran serbuk kaolin sebelum dan setelah dibakar dilakukan pengujian unsur untuk mengetahui komposisi kimia penyusun kaolin, diharapkan sebagian besar senyawa yang terkandung pada kaolin adalah silikon dan alumina.
- **Agregat Halus**
 - Pengujian Kadar Lumpur
 - Pengujian Analisis Saringan
 - Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan
 - Pengujian Kadar Air
- **Agregat Kasar**
 - Pengujian Analisis Saringan
 - Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan
 - Pengujian Kadar Air
- **Air**
Air pada penelitian ini berasal dari PDAM sehingga tidak dilakukan pemeriksaan bahan lagi.

2.4.3 Tahap Perencanaan Proporsi Campuran

Perencanaan proporsi campuran untuk beton berdasarkan metode ASTM, dengan mengganti pasta semen menjadi pasta geopolimer.

2.4.4 Tahap Pengadukan

Pada tahap ini dimana pencampuran bahan berdasarkan berat dengan cara di timbang, kemudian pengadukan beton berdasarkan SNI 03-3976-1995 "Tata Cara Pengadukan Beton".

2.4.5 Tahap Pembuatan Benda Uji

Setelah dilakukan pengadukan kemudian pengujian beton segar (uji slump), kemudian dilakukan pembuatan benda uji. Benda uji dibuat dengan menggunakan cetakan berupa silinder (diameter 15 cm, tinggi 30 cm). Isi cetakan dengan adukan beton dalam 3 lapis, tiap lapis dipotongkan dengan 25 kali tusukan secara merata, setelah dipotongkan dan permukaan diratakan tutup menggunakan bahan yang kedap air dan diamkan selama 24 jam ditempat bebas getaran.

2.4.6 Tahap Perawatan Benda Uji

Setelah benda uji dibuka dari cetakan, kemudian dilakukan perawatan terhadap benda uji dalam penelitian ini, perawatan benda uji menggunakan metode pemanasan dalam oven dengan suhu 60⁰C, 75⁰C, 90⁰C, 105⁰C, dan 120⁰C selama 8 jam kemudian benda uji dibiarkan pada suhu ruangan sampai benda uji dilakukan tahap pengujian tekan.

2.4.7 Tahap Pengujian Tekan Benda Uji

Setelah masa perawatan berakhir, maka dilakukan pengujian kuat tekan terhadap benda uji dengan umur 8 jam setelah di *curing* pada oven. Prosedur perhitungan kuat tekan dilakukan dengan SNI 03-1974-1990 “Metode Pengujian Kuat Tekan Beton”

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Uji Pendahuluan

- **Prekursor**

Pengujian terhadap kaolin dan metakaolin dilakukan untuk mengetahui kandungan senyawa yang dimiliki kaolin dan metakaolin.

Tabel Komposisi Kimia Kaolin Hasil Uji Unsur

| Komposisi Kimia | % Berat |
|-----------------|---------|
| O | 71,15 |
| Al | 14,50 |
| Si | 14,36 |

Sumber: Pengujian oleh mesin JED-2300 *AnalysisStation* di *Laboratorium Fire, Material and Safety Engineering*

Tabel Komposisi Kimia Metakaolin Hasil Uji Unsur

| Komposisi Kimia | % Berat |
|-----------------|---------|
| O | 60,38 |
| Al | 20,01 |
| Si | 19,61 |

Sumber: Pengujian oleh mesin JED-2300 *AnalysisStation* di *Laboratorium Fire, Material and Safety Engineering*

- **Agregat Halus dan Agregat Kasar**

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah pasir beton dari Cimangkok, Sukabumi dan kerikil dari Toko Material bahan bangunan di Bogor. Langkah selanjutnya, sebagian dari bahan-bahan tersebut diteliti kadar lumpur, gradasi butir agregat, berat jenis dan kadar airnya. Hasil pengujian bahan yang telah dilakukan pada bahan dasar pembentuk beton berdasarkan SNI 03-1766-1990. Hasil pengujian pendahuluan dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel Hasil Pengujian Bahan

| Pengujian | Pasir | Kerikil |
|--------------------------------|--------------|----------------|
| Kadar Lumpur | 4,77 % | - |
| Modulus Kehalusan Butir | 3,10 | 7,08 |
| Berat Jenis dan Penyerapan Air | | |
| 1. BJ Kering | 1,97 | 2,33 |
| 2. BJ SSD | 2,1 | 2,46 |
| 3. BJ Semu | 2,38 | 2,69 |
| 4. Penyerapan Air | 8,62 | 0,06 |

3.2 Perhitungan Rancangan Campuran Beton

Perhitungan rancangan campuran beton ini dilakukan berdasarkan ASTM dan ACI, sesuai dengan data-data hasil uji pemeriksaan agregat dan semen portland. Untuk campuran beton dengan mutu yang direncanakan adalah f_c' 35 MPa, dengan pertimbangan slump 100 ± 20 mm, FAS 0,41 dan dari hasil uji penyerapan air, kadar lumpur dan berat jenis agregat maka proporsi masing-masing bahan penyusun beton (jelasnya pada Lampiran *Mix Design*) tersebut seperti Tabel 4.4:

Tabel Proporsi Bahan Campuran Beton per-meter Kubik (m³)

| Bahan | Berat (kg) |
|---------------|-------------------|
| Semen | 450 |
| Air | 184,5 |
| Agregat Halus | 576 |
| Agregat Kasar | 981 |
| Jumlah | 2.191,5 |

Setelah direncanakan sesuai *mix design* sesuai dengan ASTM dan ACI selanjutnya *mix design* dikoreksi dengan kebutuhan bahan yang dipergunakan. Pada penelitian ini semen diganti menjadi semen geopolimer yang terdiri dari kaolin, NaOH, dan Na₂SiO₃ dengan persentase yang saya dapat dari penelitian Afrizal (2010), sehingga komposisinya seperti Tabel 4.5:

Tabel Proporsi Bahan Campuran Beton Geopolimer per-meter kubik (m³)

| Bahan | Berat (kg) |
|---|-------------------|
| Kaolin (52 %) | 234 |
| NaOH (13 %) | 58,5 |
| Na ₂ SiO ₃ (35 %) | 157,5 |
| Air | 184,5 |
| Agregat Halus | 576 |
| Agregat Kasar | 981 |
| Jumlah | 2.191,5 |

3.3 Nilai Slump

Nilai slump beton geopolimer bernilai 220 mm. Nilai slump beton geopolimer dengan beton semen sangat berbeda karena tingkat kekentalannya berbeda, dikarenakan semen digantikan oleh kaolin, NaOH, dan Na₂SiO₃. Campuran antara NaOH dan Na₂SiO₃ berbentuk cairan sehingga membuat campuran beton geopolimer ini lebih cair atau memiliki nilai slump yang lebih besar dari yang direncanakan.

3.4 Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan untuk mendapatkan nilai kuat tekan dari benda uji yang telah dirancang kuat tekannya. Nilai kuat tekan yang didapat merupakan hasil dari beban maksimum yang diterima oleh benda uji dibagi dengan luas penampang benda uji. Data hasil pengujian kuat tekan beton untuk setiap perlakuan benda uji yang menggunakan temperatur *curing* berbeda dapat dilihat pada lampiran. Hasil rata-rata kuat tekan beton dapat dilihat pada tabel:

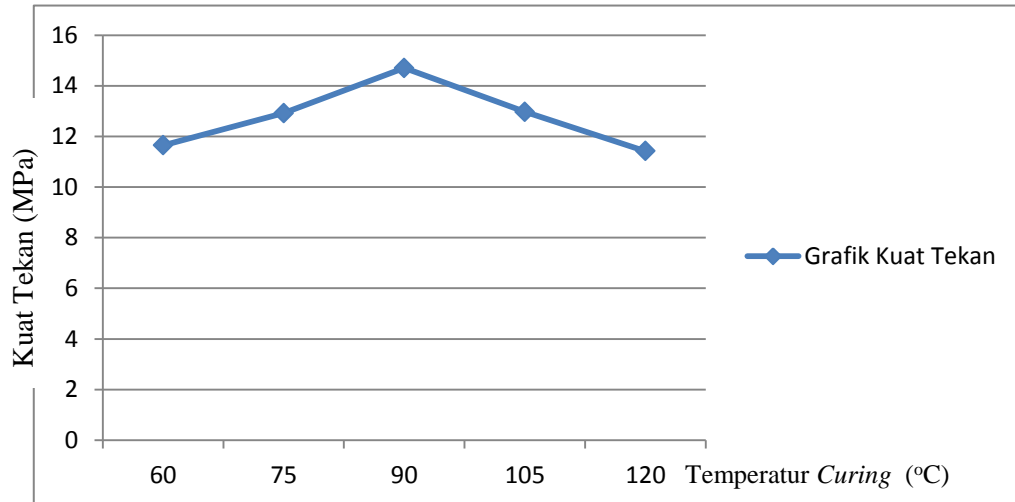
Tabel 4.6 Hasil Kuat Tekan Beton Geopolimer

| Umur (Hari) | Temperatur <i>Curing</i> (°C) | Sampel | Kuat Tekan (MPa) |
|-------------|-------------------------------|------------------|------------------|
| 14 | 60°C | 1 | 11,70 |
| | | 2 | 10,80 |
| | | 3 | 12,45 |
| | | Rata-rata | 11,65 |
| | 75°C | 1 | 14,78 |
| | | 2 | 11,78 |
| | | 3 | 12,20 |
| | | Rata-rata | 12,92 |
| | 90°C | 1 | 12,82 |
| | | 2 | 13,80 |
| | | 3 | 17,48 |
| | | Rata-rata | 14,70 |
| | 105°C | 1 | 11,53 |
| | | 2 | 14,96 |
| | | 3 | 12,42 |
| | | Rata-rata | 12,97 |
| 120°C | 1 | 11,42 | |
| | 2 | 12,70 | |
| | 3 | 10,14 | |
| | Rata-rata | 11,42 | |

3.5 Pembahasan Hasil Penelitian

Pembahasan berdasarkan data hasil penelitian yang telah dilakukan yaitu rancangan $f'c$ 35 MPa dengan menggunakan temperatur *curing* 60°C, 75°C, 90°C, 105°C, dan 120°C.

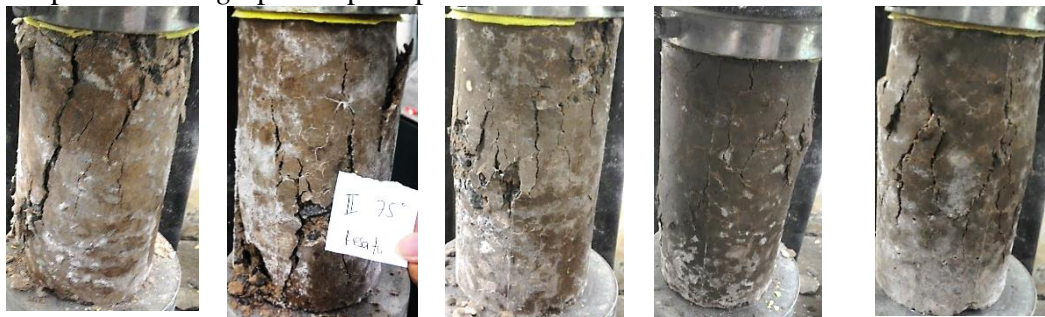
Grafik kuat tekan seluruh benda uji dapat dilihat pada grafik berikut:

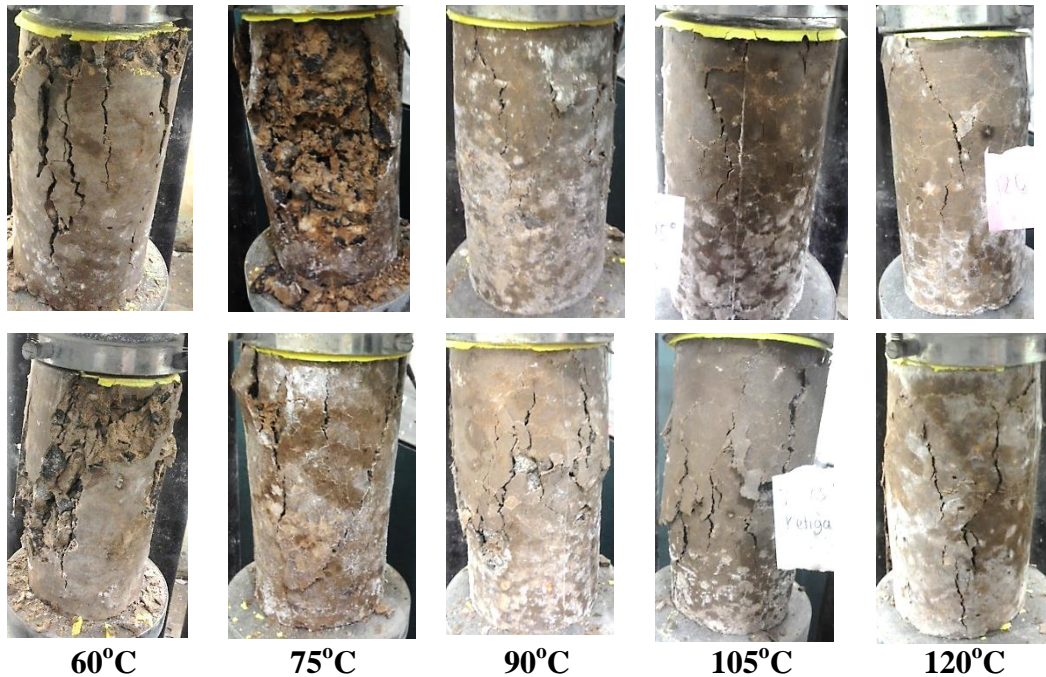


Gambar Grafik kuat tekan rata-rata beton geopolimer umur 14 hari

Proses benda uji dilakukan dengan cara sama setiap variasinya yaitu dengan pengadukan manual. Berdasarkan gambar 4.3 umur beton adalah 14 hari, sedangkan rencana penelitian umur beton adalah setelah *dicuring* dalam oven selama 8 jam. Keterlambatan penekanan dikarenakan oven dan alat uji tekan (*crushing machine*) di laboratorium bahan sedang masa perbaikan menyebabkan pengujian harus dilakukan secara bersamaan pada alat uji tekan yang sama.

Pada data tekan diatas terlihat kenaikan nilai kuat tekan searah dengan kenaikan temperatur *curing* pada temperatur 60°C, 75°C dan 90°C. Namun kuat nilai kuat tekan menurun saat temperatur *curing* 105°C dan 120°C dikarenakan sebagian air sudah menguap sehingga mengurangi kualitas beton geopolimer. Temperatur *curing* optimal pada penelitian ini adalah 90°C.





Gambar Pola retak beton geopolimer dengan temperatur *curing* 60°C, 75°C, 90°C, 105°C, dan 120°C

Pola retak dari benda uji dengan temperatur *curing* 60°C adalah vertikal menunjukkan bahwa kepadatan silinder merata, besarnya celah retak menunjukkan benda uji basah atau lembab karena temperatur *curing* yang masih belum optimal. Pola retak dari benda uji dengan temperatur *curing* 75°C adalah vertikal namun terlihat ada runtuh bagian beton yang menunjukkan masih belum optimal pengikatan pasta geopolimer karena temperatur *curing* yang belum memenuhi. Sedangkan pola retak dari benda uji dengan temperatur *curing* 90°C adalah vertikal dan jarak celah retaknya mulai mengecil, dikarenakan beton geopolimer tidak terlalu lembab sehingga kualitas beton geopolimer naik.

Pola retak dari benda uji dengan temperatur *curing* 105°C dan 120°C adalah vertikal, serta celah retaknya tidak terlalu besar namun nilai kuat tekannya rendah. Hal ini terjadi karena temperatur *curing* diatas 100°C sehingga sebagian besar air dalam beton geopolimer sudah menguap, hal ini ditunjukkan dengan retakan yang terlihat pada bagian tengah beton geopolimer yang ditunjukkan oleh gambar 4.5.



Gambar Retakan beton geopolimer setelah proses *curing* dengan temperatur 120°C

Selain temperatur *curing* kondisi lingkungan sekitar beton geopolimerpun sangat mempengaruhi kualitas beton, maka harus diperhatikan penyimpanan beton geopolimer setelah proses *curing* dari oven. Udara lembab atau suhu rendah laboratorium bahan menyebabkan beton geopolimer mengeluarkan garam yang diduga dihasilkan dari sisa ikatan NaOH dan Na₂SiO₃ yang tidak bereaksi akibat udara lembab disekitarnya. Namun dugaan ini harus diteliti lebih lanjut agar jelas kebenarannya.



(a) (b) (c)
Gambar 4.7 Beton geopolimer yang baru diangkat dari oven (a), beton geopolimer setelah dua hari diangkat dari oven (b), dan jenis garam yang dihasilkan dari sisa ikatan NaOH dan Na₂SiO₃ (c)

4. KESIMPULAN

- 1) Pembuatan beton geopolimer berbahan dasar kaolin dalam penelitian ini belum dapat memenuhi kuat tekan rencana beton konvensional dikarenakan dalam perhitungan memakai semen portland, sedangkan dalam pelaksanaan menggunakan semen geopolimer yang sangat berbeda dengan semen.
- 2) Campuran semen geopolimer masih kurang baik sehingga menimbulkan garam pada permukaan beton geopolimer.
- 3) Kuat tekan beton geopolimer dengan temperatur *curing* yang semakin naik dibawah temperatur *curing* 100°C menghasilkan kuat tekan geopolimer yang meningkat pula, nilai kuat tekan beton geopolimer dengan temperatur *curing* 60°C, 75°C, dan 90°C adalah 11,65 MPa, 12,92 MPa, dan 14,70 MPa. Maka pada penelitian ini temperatur optimal untuk proses *curing* beton geopolimer adalah 90°C dengan nilai kuat tekan 14,70 MPa. Kuat tekan beton geopolimer menurun pada temperatur *curing* 105°C dan 120°C, nilai kuat tekannya adalah 12,97 MPa dan 11,42 MPa.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrizal, K. 2010. Studi Perilaku Kuat Tekan Semen *Rapid-Setting* Geopolimer Berbahan Dasar *Fly Ash* dan Metakaolin [skripsi]. Depok: Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- Astutiningsih S. 2009. *The Potentials of Geopolymer For Rapid-Set High-Strength Cement In Concrete Repair*. ICRMCE 1:204-207
- Davidovits J. 1994. *High-alkali Cements For 21st Century Concretes*. *Concrete Technology Past, Present and Future*. ACI Spesial Publication, SP 144. Farmington Hills, Michigan, pp 383-398.
- Davidovits, J. 1994. *Properties of Geopolymer Cements*. *First International Conference on Alkaline Cements and Concretes*. : 131-149.
- Davidovits, J. 2008. *Geopolimer: Chemistry and Application*. *Institute Geopolimer*.
- Davidovits, J. *Geopolymers of The First Generation: SILICAFE-process*. *The Geopolymers '88, First European Conference on Soft Mineralogy*. Compiègne, France.
- Ferdy. 2010. Pengaruh Temperatur dan Waktu *Curing* Terhadap Kuat Tekan Pasta Geopolimer Berbahan Dasar Abu Terbang [skripsi]. Depok: Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- Granizo ML, M.T. Blanco-Varela, S. Marti'nez-Rami'rez. 2007. *Alkali Activation of Metakaolins: Parameters Affecting Mechanical, Structural And Microstructural Properties*. *J Mater Sci* 42:2934-2943
- J.G.S van Jaarsveld.; J.S.J. van Deventer.; & G.C. Lukey. 2002. *The Effect of Compostion and Temperature on The Properties of Fly Ash and Kaolinite-Based Geopolymers*. *Chemical Engineering Journal*: 1-11.
- Kong DLY, Jay G. Sanjayan, Kwesi Sagoe-Crentsil. 2008. *Factors Affecting The Performance of Matakaolin Geopolymers Exposed to Elevated Temperatures*. *J Mater Sci* 43:824-831.
- Mulyono, Tri. 2004. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Nugraha, P. 1989. *Teknologi Beton dengan Antisipasi Terhadap Pedoman Beton*. Surabaya: UK Petra.
- Palomo, A.; Grutzeck, M.W.; & Blanco, M.T. 1999. *Alkali-Activated Fly Ashes: A Cement for The Future*. *Cem. Conc. Res*. 28(8): 1323-9.
- Sarker, P.K. 2009. *Analysis of Geopolymer Concrete Columns*. *Materials and Structures*. 42:715-724.

- Sembiring, F. P. 2010. Pengaruh Temperatur dan Waktu *Curing* Terhadap Kuat Tekan Beton Geopolimer Berbahan Dasar Kaolin [skripsi]. Depok: Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- Septia, P. 2011. Studi Literatur Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Rasio NaOH : Na₂SiO₃, Rasio Air/Prekursor, Suhu Curing, dan Jenis Prekursor Terhadap Kuat Tekan Beton Geopolimer [skripsi]. Depok: Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- SNI T-15-1991-03.
- SNI 03-2847-2002 tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung
- SNI 2458:2008 Tentang Tata Cara Pengambilan Contoh Beton Segar.
- Suryatriastuti, M.E. 2008. Perilaku Balok Beton Bertulang Geopolimer Akibat Pembebanan Statis dengan Bantuan *Software Labview* [skripsi]. Depok: Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- Swanopoel, J.C.; Strydom, C.A. 2002. *Utilisation of Fly Ash in Geopolymeric Material. Appl. Geochem 17(8): 1143-8.*
- Triwulan; Januarti, J.E.; Tami. 2007. Analisa Sifat Mekanik Beton Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash dan Lumpur Porong Kering Sebagai Pengisi. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa "TORSI"*: 33-47.
- Troxell, G.E. & Davis. 1956. *Composition and Properties of Concrete. Newyork.*
- Xu Hua & Deventer, J.S.J. 2008. *Geopolymerisation of Multiple Minerals. Mineral Engineering.*
- Zhang YJ, Sheng L, De LX, BAo QW, Guo MX, Dong FY, Nan W, Hou CL, YA CW. 2010. *A Novel Method For Preparation of Organic Resins Reinforced Geopolymer Composites. J Mater Sci 45:1189-1192.*