

EFEK PERAWATAN TERHADAP KARAKTERISTIK BETON GEOPOLIMER

Djedjen Achmad dan Hidjan A. G

Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta

Kampus Baru Universitas Indonesia Depok

Telp/fax (021) 7863532

E mail: djedjen@gmail.com

ABSTRACT

Geopolymer concrete is a kind of concrete that does not use portland cement as binder but utilizes natural material that contents silica as fly ash, rice husk ash, etcetera. The used material in this research is fly ash from PLTU Suralaya. The alkaline activator is needed for making geopolymer concrete in order that it fastens reaction of polymerization and reacts Al and Si elements exist in fly ash. Solution in viscosity 11 Molar is used with comparison in weight of sodium hydroxide and sodium silicate 1:2 and between water and fly ash ratio 0,2. Maintenance method is submerged in water, put into steam (temperature 60°C, in 24 hours) without maintenance (reference), then put into the oven (temperature 250°C, in 24 hours). The result of initial setting is found that the time is faster compared to cement concrete, while the unit weight is no significant difference. The result of experiment in compressive strength of concrete that is maintained in the steam shows stability, while reference concrete increases in compressive strength. For the submerged concrete in water for 28 days, the compressive strength decreases, and the concrete that is maintained in oven has lowest compressive strength compared to others. So the result in compressive strength of concrete that is maintained in the steam and reference concrete have the highest tensile strength.

Key Words : *concrete, geopolymer, initial setting, unit weight, compressive strength, tensile strength*

ABSTRAK

Beton geopolimer adalah beton yang tidak menggunakan semen portland sebagai bahan perekatnya, tetapi memanfaatkan material alami yang banyak mengandung silika seperti fly ash, abu sekam padi atau bahan lainnya. Pada penelitian ini material yang digunakan adalah fly ash yang berasal dari PLTU Suralaya. Untuk membuat beton geopolimer diperlukan alkaline aktivator untuk mempercepat reaksi polimerisasi dan mereaksikan unsur- unsur Al dan Si yang terkandung dalam fly ash.

Pada penelitian ini digunakan larutan dengan kepekatan 11 Molar dengan perbandingan sodium hidroksida dan sodium silikat 1 : 2 dalam berat, dan perbandingan antara air dan fly ash sebesar 0,2. Metode perawatan, direndam dalam air, di masukkan dalam uap(suhu 60°C selama 24 jam), tanpa perawatan (referensi), dan dimasukkan dalam oven (suhu 250°C, selama 24 jam). Dari hasil uji waktu pengikatan awal, didapat waktunya lebih cepat dibandingkan dengan beton semen, sedangkan bobot isi hasilnya tidak jauh berbeda dengan beton semen. Dari hasil uji kuat tekan pada beton yang dirawat dalam uap, kuat tekannya relatif stabil, sedangkan beton referensi mengalami kenaikan. Pada beton yang direndam dalam air selama 28 hari kuat tekannya menurun, dan beton yang dirawat dalam oven kuat tekannya paling rendah dibanding dengan yang lainnya. Demikian pula dari hasil uji kuat tarik beton yang dirawat dalam uap dan beton referensi memiliki kuat tarik paling tinggi.

Kata kunci : *beton, geopolimer, waktu ikat awal, bobot isi, kuat tekan, kuat tarik.*

PENDAHULUAN

Pada umumnya beton dikenal sebagai material yang tersusun dari komposisi utama batuan (agregat), air, dan semen portland (biasa disebut semen saja). Beton sangat populer dan digunakan secara luas, karena bahan pembuatnya mudah didapat, harganya relatif murah, dan teknologi pembuatannya relatif sederhana. Namun, akhir-akhir ini beton tersebut makin sering mendapatkan kritik, khususnya dari kalangan yang peduli dengan kelestarian lingkungan hidup, karena emisi gas rumah kaca (karbon dioksida) yang dihasilkan pada proses produksi semen. Untuk memproduksi satu ton semen, gas rumah kaca yang dihasilkan sebesar lebih kurang satu ton juga. Gas ini dilepaskan ke atmosfer dengan bebas dan kemudian me -rusakkan lingkungan, di antaranya menyebabkan pemanasan global. Beton *Geopolimer* yang ramah lingkungan Davidovits memberi nama material temuannya *Geopolimer*, karena merupakan sintesa bahan-bahan alam nonorganik lewat proses polimerisasi. Bahan dasar utama yang diperlukan untuk pembuatan material geopolimer ini adalah bahan-bahan yang banyak mengandung unsur-unsur silikon dan aluminium. Unsur-unsur ini banyak didapati, di antaranya pada material buangan hasil sampingan industri, seperti misalnya abu terbang dari sisa pembakaran batu bara. Untuk melarutkan unsur-unsur silikon dan aluminium, serta memung-kinkan terjadinya reaksi kimiawi, digunakan larutan yang bersifat alkalis. Material geopolimer ini digabungkan dengan agregat batuan kemudian menghasilkan beton geopolimer, tanpa menggunakan semen lagi.

Dengan keinginan mempelajari lebih lanjut tentang beton geopolimer, maka

dalam penelitian ini akan diuji karakteristik beton *geopolimer* yang dirawat dengan beberapa cara, yaitu ditempat terlindung, direndam dalam air, dipanaskan dalam oven, dan dimasukkan ke ruang beruap. Permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana dampak perawatan terhadap karakteristik beton *geopolimer*.

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah ingin mengetahui karakteristik dari beton geopolimer, terutama waktu pengikatan awal, bobot isi, kuat tekan dan kuat tarik. Juga ingin mengetahui cara perawatan yang menghasilkan kuat tekan dan kuat tarik paling tinggi.

Dari Konferensi Bumi yang diselenggarakan di Rio de Janeiro, Brasil tahun 1992 dan di Kyoto, Jepang tahun 1997 dinyatakan bahwa emisi gas rumah kaca ke atmosfer yang tak terkendali tidak bisa lagi diterima dari sudut pandang kepentingan sosial dan kelestarian lingkungan dalam kerangka pembangunan yang berkelanjutan. Gas rumah kaca yang menjadi sorotan utama adalah gas karbon dioksida karena jumlahnya yang jauh lebih besar dari gas lainnya seperti oksida nitrat dan metan. Dalam produksi satu ton semen Portland, akan dihasilkan sekitar satu ton gas karbon dioksida yang dilepaskan ke atmosfer. Dari data tahun 1995, jumlah produksi semen di dunia tercatat 1,5 miliar ton. Hal ini berarti industri semen melepaskan karbon dioksida sejumlah 1,5 miliar ton ke alam bebas.

Merujuk pada besarnya sumbangan industri semen terhadap total emisi karbon dioksida, perlu segera dicarikan upaya untuk bisa menekan angka produksi gas yang mencemari lingkungan ini. Pakar teknologi beton

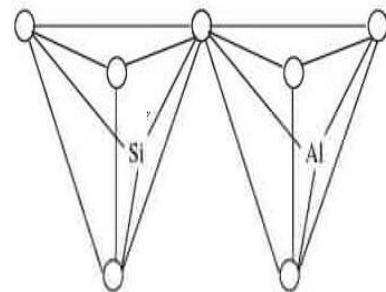
yang bermukim di Kanada, VM Malhotra, memelopori riset penggunaan abu terbang (fly ash) dalam proporsi cukup besar (hingga 60-65 persen dari total semen Portland yang dibutuhkan) sebagai bahan pengganti sebagian semen dalam proses pembuatan beton. Sebelumnya banyak peneliti menggunakannya hanya dalam proporsi kecil. Abu terbang adalah abu sisa pembakaran batu bara yang dipakai dalam banyak industri. Abu terbang sendiri tidak memiliki kemampuan mengikat seperti halnya semen. Tetapi dengan kehadiran air dan ukuran partikelnya yang halus, oksida silika yang dikandung oleh abu terbang akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida yang terbentuk dari proses hidrasi semen dan menghasilkan zat yang memiliki kemampuan mengikat. Dari konferensi Concrete 2001 yang diselenggarakan di Perth, Australia, belum lama ini, dilaporkan penggunaan HVFA (high volume fly ash) concrete atau beton dengan kandungan abu terbang tinggi pada sejumlah proyek infrastruktur. Selain lebih ramah lingkungan, mengurangi jumlah energi yang diperlukan karena berkurangnya pemakaian semen, lebih awet dan lebih murah, bahan ini juga tetap menunjukkan perilaku mekanik memuaskan. Perkembangan mutakhir yang menjanjikan adalah penggunaan abu terbang sepenuhnya sebagai pengganti semen lewat proses yang disebut polimerisasi anorganik (kadang disebut geopolimer) yang dipelopori oleh seorang ilmuwan Prancis, Prof. Joseph Davidovits, sekitar 20 tahun lalu.

Kenyataan bahwa semen geopolimer dapat diproduksi dari bahan-bahan buangan atau limbah industri, mengurangi emisi karbon dioksida secara amat signifikan, memiliki sifat

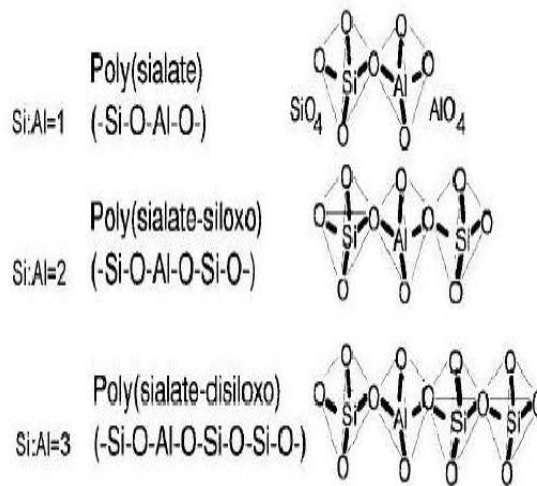
keawetan unggul dan mampu memasung bahan-bahan beracun, mengukuhkannya sebagai material konstruksi masa depan.

Saat ini belum semua sifat fisik dan mekaniknya dipahami dengan baik. Sehingga para peneliti berupaya mengenali perilakunya lewat sejumlah riset yang dilakukan. Bila perilaku fisik dan mekaniknya telah dikenali dengan baik, produk-produk aplikasinya di bidang infrastruktur dapat diwujudkan dengan mudah.

Beton *geopolimer* adalah sebuah senyawa silikat alumino anorganik yang disintesis dari bahan – bahan produk sampingan seperti abu terbang (*fly ash*) abu sekam padi (*risk husk ash*) dan lain – lain, yang banyak mengandung silikon dan aluminium (Davidovits, 1997) Geopolimer merupakan produk beton *geosintetik* dimana reaksi pengikatan yang terjadi adalah reaksi polimerisasi. Dalam reaksi polimerisasi ini Aluminium (Al) dan Silika (Si) mempunyai peranan penting dalam ikatan polimerisasi (Davidovits, 1994) Reaksi Al dan Si dengan alkaline akan menghasilkan AlO_4 dan SiO_4 . Hal ini dapat dilihat pada Gambar 1. Selain itu dapat pula dilihat macam/jenis ikatan polimerisasi pada Gambar 2.



Gambar 1 Ikatan Polimerisasi SiO_4 dan AlO_4



Gambar 2 Macam Ikatan Polimerisasi Berdasarkan Perbandingan Si dan Al

Peranan unsur silikat dan alumunium sangat penting dalam proses polimerisasi. Hal ini ditunjukkan dalam bentuk rasio perbandingan Si/Al, semakin besar ratio Si/Al karakter polimer semakin terbentuk kuat.

Sifat beton geopolimer

Beton geopolimer memiliki sifat sebagai berikut (www.geopolymer.org). Pada saat beton segar memiliki waktu pengikatan 10 jam pada suhu -20°C dan 7 sampai 60 menit pada suhu 20°C , penyusutan pada saat setting sebesar 0.05 %, dan kehilangan massa dari beton basah ke beton kering kurang dari 0.1 %. Sedangkan pada beton keras, dapat mencapai kuat tekan 90 Mpa dan kuat tarik 10 – 15 Mpa pada umur 28 hari. Atau ratio compressive strength : tensile strength antara 10 – 15. Penyerapan airnya kurang dari 3 %, tahan terhadap api, lingkungan korosif, dan reaksi alkali silica. Juga karena tidak menggunakan semen sebagai bahan perekatnya, maka dapat

mengurangi polusi udara. Kekurangannya adalah dalam pembuatan lebih rumit dibandingkan beton semen, karena membutuhkan alkaline activator, dan belum ada rancang campuran yang pasti.

Bahan Beton Geopolimer Binder

Binder adalah bahan pengikat dalam campuran beton geopolimer yang terdiri dari fly ash. Ukuran fly ash yang sangat halus sangat baik untuk mengisi rongga yang terdapat dalam beton. Fly ash adalah bahan yang berasal dari sisa pembakaran batu bara yang tidak terpakai. Bahan ini bersifat puzolan, yaitu bahan yang mengandung silica reaktif, dapat bereaksi dengan kapur membentuk calsium silikat hidrat, yang bersifat keras dan tidak mudah larut dalam air. Komposisi dari fly ash sebagian besar terdiri dari silikat dioksida (SiO_2), alumunium (Al_2O_3), besi (Fe_2O_3) dan kalsium (CaO), serta magnesium, potassium, sodium, titanium, sulfur, dalam jumlah yang kecil. Komposisinya tergantung dari jenis batu bara.

Alkaline Activator (Sodium Silikat dan Sodium Hidroksida)

Sodium silikat dan sodium hidroksida digunakan sebagai alkaline activator (Hardjito Djuwanto, dkk, 2004). Sodium silikat berfungsi untuk mempercepat reaksi polimerisasi, sedangkan sodium hidroksida berfungsi untuk mereaksikan unsure-unsur Al dan Si yang terkandung dalam fly ash sehingga dapat menghasilkan ikatan polimer yang kuat.

Sodium silikat

Sodium silikat merupakan salah satu bahan tertua dan paling aman yang sering digunakan dalam industry kimia,

hal ini dikarenakan proses produksi yang lebih sederhana, maka sejak tahun 1818 sodium silikat berkembang dengan cepat.

Sodium silikat terdapat dalam dua bentuk, yaitu berupa padat dan larutan. Untuk campuran beton lebih banyak digunakan dengan bentuk larutan. Sodium silikat atau yang lebih dikenal dengan nama *water glass*, pada mulanya digunakan sebagai campuran dalam pembuatan sabun. Tetapi dalam perkembangannya sodium silikat dapat digunakan untuk berbagai macam keperluan, antara lain untuk bahan campuran semen, pengikat keramik, coating, campuran cat serta dalam beberapa keperluan industry, seperti kertas, tekstil dan serat. Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa sodium silikat dapat digunakan untuk bahan campuran dalam beton.

Sodium Hidroksida

Sodium hidroksida berfungsi untuk mereaksikan unsur-unsur Al dan Si yang terkandung dalam fly ash sehingga dapat menghasilkan ikatan polimer yang kuat.

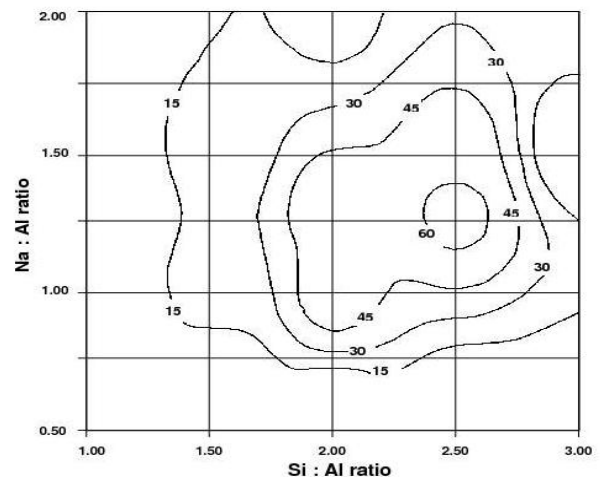
Proses Perawatan

Sama seperti pada beton semen, proses perawatan pada beton geoplimer juga akan menentukan kualitas betonnya. Ada tiga jenis metoda perawatan yang dapat dilakukan terhadap beton geopolimer, yaitu :

1. Rawat normal, yaitu merawat dengan cara memberi air terus menerus, atau dengan merendam dalam air pada suhu $23 \pm 2^\circ \text{C}$.
2. Menutup permukaan beton dengan lapisan tipis berupa plastic yang tidak dapat ditembus oleh air. Tujuannya untuk melindungi air dalam beton supaya tidak cepat menguap keluar

3. Memasukkan beton ke dalam oven dengan menaikkan temperaturnya, sehingga mempercepat proses hidrasi dan kekuatan pada beton dapat dipercepat pula.
4. Perawatan dengan uap, yaitu memasukkan beton ke dalam ruangan beruap, suhu yang tinggi pada uap akan mempercepat proses hidrasi, tanpa ada kehilangan air, metode ini dapat dilakukan dengan uap bertekanan tinggi, atau tanpa tekanan

Berdasarkan kuat tekan beton *geopolimer* maka dapat dibuat kontur kekuatan yang menunjukkan bahwa perbandingan antara Na : Al tidak memberikan pengaruh yang besar terhadap kekuatan beton, tetapi perbandingan antara Si : Al dapat memberikan pengaruh yang besar terhadap kekuatan pada beton geopolimer (Hardjito, Djuwanto dan Ragan, V, 2004) Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4 berikut :



Gambar 3 Kontur Kuat Tekan Beton Geopolimer

Karakteristik beton geopolimer, selain dipengaruhi oleh perbandingan Si dan Al, juga dipengaruhi oleh perbandingan

water binder ratio, juga dipengaruhi oleh besarnya molaritas, dan cara perawatannya. Dari hasil uji Hardjito D, dkk, semakin tinggi suhu perawatan, kuat tekannya semakin besar. Demikian pula dari hasil penelitian Citra Dewi dan Desy Evryani, ada perbedaan kuat tekan beton geopolymer yang dirawat dalam beberapa metode. Kuat tekan paling tinggi didapat pada perawatan dengan cara pemanasan dalam oven.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian menggunakan metode eksperimen dengan teknik pengambilan data melalui pengujian benda uji di laboratorium. Pada penelitian ini digunakan dua pendekatan, yaitu :

- a. Penelitian laboratorium, dimana dilakukan langsung pengujian di laboratorium sesuai dengan standard yang berlaku
- b. Penelitian kepustakaan, di mana dilakukan analisa data hasil pengujian berdasarkan kepustakaan yang relevan.

Rancangan penelitian

Penelitian dilakukan pada beton *geopolimer* dengan binder fly ash dan alkaline aktivator menggunakan sodium hidroksida (NaOH) 11 Molar, dan perbandingan sodium silikat terhadap NaOH sebesar 2.0 dalam berat. Perbandingan antara air dan binder 0.25, dirawat dalam oven dengan suhu 250° C selama 24 jam, dirawat dalam uap, direndam dalam air, dan tidak dirawat (referensi).

Variable penelitian

- a. Variabel bebas (faktor penelitian), sebagai variable bebas dalam penelitian ini adalah metode perawatan.

- b. Variable terikat (parameter penelitian). Variabel terikat dalam penelitian ini adalah, bobot isi, waktu ikat awal, kuat tekan beton pada umur 4: 14 dan 28 hari, dan kuat tarik

Sebelum penelitian dilakukan terhadap beton geopolimer, terlebih dahulu dilakukan pengujian terhadap agregat kasar dan agregat halus dengan standard pengujian sebagai berikut :

Pengujian Agregat Kasar

- a) Berat jenis dan penyerapan air agregat kasar sesuai dengan SK-SNI M-09-1989-F
- b) Bobot isi dan voids agregat sesuai dengan ASTM C-29- 92
- c) Kadar lumpur sesuai dengan ASTM C 117- 92
- d) Abrasi lost dengan alat los angeles sesuai dengan ASTM C 131 - 92
- e) Analisa saringan sesuai dengan SK-SNI M-08-1989-F

Pengujian Agregat Halus

- a) Berat jenis dan penyerapan air agregat halus sesuai dengan SK-SNI M-10-1989-F
- b) Bobot isi dan voids agregat sesuai dengan ASTM C-29-92
- c) Kadar lumpur sesuai dengan ASTM C 117- 92
- d) Analisa saringan sesuai dengan SK-SNI M-08-1989-F

Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui sifat fisik dan mekanis pada beton segar dan beton keras beton geopolimer sesuai dengan ASTM terdiri dari :

1. Uji beton segar meliputi : waktu ikat awal, bobot isi
2. Uji beton keras meliputi : Kuat tekan dan kuat tarik

Teknik Pengolahan Data

Data hasil pengujian dihitung dengan mencari mean (rerata) dari masing-

masing pengujian. Adapun uji test yang dipakai adalah

$$X = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n xi_{i=1}^n$$

Keterangan

X : harga mean dari tiap-tiap kelompok

n : Jumlah sampel dari tiap kelompok

xi : besaran tiap-tiap sampel.

Dari hasil pengujian beton *geopolimer* yang dirawat pada beberapa metode kemudian dibandingkan dengan beton geopolimer yang tidak dirawat, sehingga hasilnya dapat dianalisa.

HASIL PENELITIAN

Dari hasil pengujian yang dilakukan pada agregat kasar, agregat halus, beton segar, dan beton keras yang dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Bahan, Jurusan Sipil Politeknik Jakarta, di dapat hasil sebagai berikut

Tabel 1 Hasil Uji Agregat Kasar dan Halus

Sifat Fisik Yg Diuji	Ag. Kasar	Ag. Halus
Berat Jenis SSD	2.49	2.61
Penyerapan air (%)	2.57	6.15
Kadar Lumpur (%)	0.37	11.4
Bobot isi (kg/l)	1.425	1.63

Hasil pengujian pada beton segar dan beton keras dapat di analisis sebagai berikut :

Beton Segar

Dari hasil pengujian pada beton segar yang meliputi bobot isi dan waktu ikat, didapat hasil sebagai berikut :

- a. Bobot isi rata – rata pada beton segar didapat 2314 kg/m³. Nilai ini jika dibandingkan dengan beton semen besarnya hampir sama,

demikian pula jika dibandingkan dengan beton aspal.

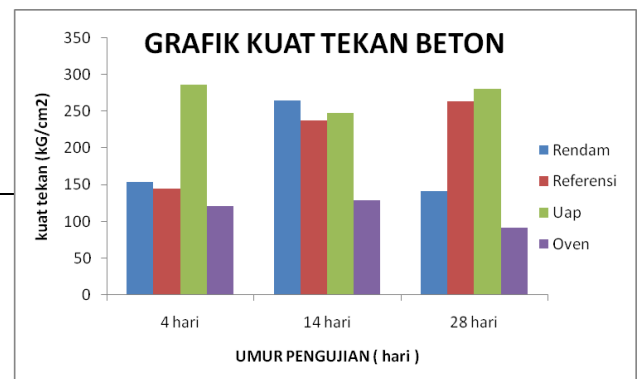
- b. Waktu ikat awal pada beton geopolimer di dapat waktu selama 150 menit (2 ½ jam). Nilai ini lebih cepat dibandingkan dengan beton semen yang berkisar selama 4 jam

Beton Keras

Pengujian pada beton keras meliputi uji kuat tekan pada umur 4, 14, dan 28 hari, dan uji kuat tarik pada umur 28 hari didapat hasil sebagai berikut :

- a. Uji Kuat Tekan

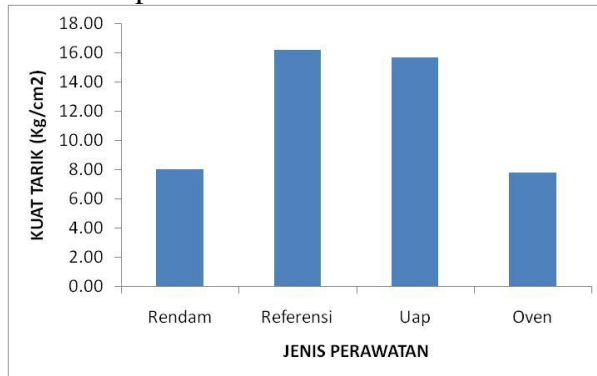
Uji kuat tekan pada beton referensi mengalami kenaikan pada berbagai umur, sedangkan beton yang dirawat dalam uap pada berbagai umur kuat tekannya relatif hampir sama. Pada beton yang direndam dalam air sampai pada umur 14 hari kuat tekannya naik, tapi pada beton yang direndam sampai 28 hari kuat tekannya menurun. Pada beton yang dirawat dalam oven pada suhu 250° C, selama 24 jam pada berbagai umur pengujian, kuat tekannya paling kecil dibandingkan dengan beton yang lainnya.



Gambar 4 Grafik Kuat Tekan Beton pada berbagai Umur dan Perawatan

b. Kuat tarik

Hasil uji kuat tarik beton geopolimer pada umur 28 hari dapat dilihat pada Gambar 5



Gambar 5 Hasil uji kuat tarik beton geopolimer pada beberapa metode perawatan

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil uji keseluruhan, dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Waktu ikat awal pada beton geopolimer lebih cepat dibandingkan dengan beton semen, sedangkan bobot isinya hampir sama dengan beton semen.
- Ada perbedaan kuat tekan beton geopolimer yang dirawat dalam beberapa metode. Kuat tekan pada beton yang dirawat dalam uap relative stabil pada beberapa umur pengujian, sedangkan pada beton referensi kuat tekannya meningkat. Kuat tekan paling tinggi dicapai pada beton yang dirawat dalam uap
- Beton geopolimer yang dirawat dalam oven dengan suhu 250° C, selama 24 jam, ternyata kuat tekannya paling rendah dibandingkan dengan perawatan lainnya. Demikian pula beton yang direndam dalam air, kuat tekannya menurun setelah direndam 28 hari.
- Hasil uji kuat tarik belah pada umur 28 hari, pada beton referensi dan dirawat dalam uap menghasilkan

kuat tarik paling tinggi dibandingkan dengan metode perawatan lainnya

Dari kesimpulan di atas untuk beton geopolimer dapat disarankan sebagai berikut :

- Pengerjaan beton geopolimer harus melihat waktu pengikatannya, karena lebih cepat dibandingkan dengan beton semen.
- Perawatan terhadap beton geopolimer sebaiknya tidak perlu dirawat, karena kuat tekannya selalu meningkat pada berbagai umur, kecuali jika ingin kekuatannya pada umur muda lebih tinggi, sebaiknya dirawat dalam uap.
- Suhu perawatan dalam oven sebaiknya tidak terlalu tinggi, karena ternyata kuat tekannya paling kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- Davidovits, J ,1994 , “*Properties of Geopolimer* “, France, Geopolimer Institute
- Davidovits, J ,1997 , “*Geopolimer Inorganic Polimer New Material* “, France, Geopolimer Institute
- Hardjito, D, Wallah, S.E., Sumajouw, D.M.J., & Rangan, B.V, 2004, ”*Fly Ash Based Geoplomer Concrete*”, Perth, Curtin University of Technologi
- , 2005, *Development and Properties of Low Calsium Fly Ash Based Geopolimer Concrete*, Perth, Curtin University of Technologi
- ASTM, “*1989 Annual Book of American Society of Testing Materials Standard*”