

PENGARUH PENGGUNAAN *FLY ASH* PADA KUAT TEKAN BETON GEOPOLIMER DENGAN AKTIVATOR NATRIUM HIDROKSIDA (NaOH) DAN NATRIUM SILIKAT (Na₂SiO₃)

Sindy Kurniawati¹⁾, Ade Sri Wahyuni¹⁾, Agustin Gunawan¹⁾, Mukhlis Islam¹⁾, Yuzuar Afrizal¹⁾

¹⁾Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu

JL. W. R Supratman Kandang Limun, Bengkulu 38371

Corresponding author : sindy240900@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan *fly ash* terhadap kuat tekan beton geopolimer jika dibandingkan dengan beton normal serta mengetahui kuat tekan beton geopolimer optimum dari variasi campuran aktivator yang ditentukan. Penelitian ini menggunakan metode campuran beton eksperimen dengan acuan penelitian terdahulu. Benda uji menggunakan *mould* silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm serta umur benda uji 7, 14, dan 28 hari. Jumlah benda uji seluruhnya sebanyak 36 benda uji dengan konsentrasi NaOH yang digunakan adalah 14 M. Rasio perbandingan NaOH dan Na₂SiO₃ untuk variasi I, yaitu 1,0 : 0,5, variasi II 1,0 : 1,0, variasi III 1,0 : 1,5. Beton geopolimer mengganti 100% jumlah semen pada beton normal dengan *fly ash*. Nilai kuat tekan beton geopolimer variasi I : 4,883 MPa, variasi II : 7,856 MPa, variasi III 10,403 MPa dan nilai kuat tekan beton normal, yaitu 36,943 MPa. Kuat tekan beton geopolimer jika dibandingkan dengan kuat tekan beton normal pada penelitian ini mengalami penurunan yang cukup besar, yaitu 67,28% untuk hari ke 7, 72,22% untuk hari ke 14, serta 71,84% untuk hari ke 28. Kuat tekan beton geopolimer optimum dari variasi campuran aktivator yang ditentukan ialah pada variasi III dengan kuat tekan sebesar 10,403 MPa.

Kata Kunci : Beton Geopolimer, *Fly ash*, Kuat Tekan

Abstract

The study aims to find out the impact of the use of fly ash on the compressive strength of geopolymer concrete when compared to normal concrete as well as to know the optimum strength of geopolymer concrete with specified variation of activator mixture. This study uses experimental method by mixing concrete with previous research as references. The specimens used a cylinder mold with a diameter of 10 cm and a height of 20 cm with a specimens age of 7, 14, and 28 days. The total specimens is 36 with the NaOH concentration used was 14 M. The comparative ratio of NaOH and Na₂SiO₃ for variation I is 1,0 : 0,5, variation II 1,0 : 1,0, variation III 1,0 : 1,5. Geopolymer concrete replaces 100% of the amount of cement in normal concrete with fly ash. Compressive strength value of geopolymer concrete for variation I : 4,883 MPa, variation II : 7,856 MPa and variation III : 10,403MPa and compressive strength value of normal concrete is, 36,943MPa. The compressive strength of geopolymer concrete when compared with compressive strength of normal concrete in this study decreased with 67,28% for 7 days, 72,22% for 14 days, and 71,84% for 28 days. The optimum compressive strength of geopolymer concrete from variation of the activator mixture specified is at variation III with compressive strength of 10,403 MPa

Keywords: Geopolymer Mortar, Fly ash, Compressive Strength

PENDAHULUAN

Beton yang baik memiliki campuran yang harus memperhatikan beberapa hal, seperti : pemilihan bahan pembuatan beton, proses pengerjaan hingga pengecoran, proses pemadatan beton segar serta proses perawatan beton (Setiawati, 2018).

Geopolimer merupakan hasil proses polimerisasi bahan-bahan yang berasal dari material alami non-organik yang banyak mengandung unsur-unsur silika dan alumina. Material hasil buangan industri yang banyak mengandung silikon dan aluminium contohnya *fly ash* yang merupakan sisa pembakaran batu bara pada tungku PLTU (Chichilya dkk., 2021).

Fly ash termasuk bahan yang bersifat pozzolan yaitu bahan yang memiliki kandungan silika (Si) dan alumina (Al). Bahan pozzolan tidak mempunyai kemampuan pengikat seperti semen pada umumnya, tetapi dapat bereaksi dengan cairan alkali aktivator seperti NaOH dan Na_2SiO_3 yang akan memiliki kemampuan mengikat layaknya semen portland dikarenakan bentuknya yang halus. Campuran *fly ash* dan larutan aktivator ini biasa disebut dengan campuran geopolimer (Ilyas, dkk., 2022).

Alkali aktivator merupakan bahan kimia yang digunakan untuk membentuk reaksi kimia. Reaksi kandungan silika (Si) dan alumina (Al) menghasilkan ikatan polimerisasi yang kuat dalam pembentukan beton geopolimer. Alkali aktivator yang sering digunakan pada geopolimer ialah kombinasi antara natrium hidroksida (NaOH) dan natrium silikat (Na_2SiO_3) (Kusuma, dkk., 2014). Konsentrasi campuran NaOH dan Na_2SiO_3 yang umum digunakan ialah 8 M sampai 14 M.

Beton geopolimer adalah beton yang tidak menggunakan semen portland sebagai pengikatnya. Beton geopolimer

menggunakan *fly ash* sebagai bahan dasar, hal ini dapat meningkatkan sifat kuat tekan beton karena adanya pembentukan gel atau ikatan geopolimer yang lebih kuat dibandingkan dengan ikatan hidrolis pada beton konvensional. Beton geopolimer juga memiliki keunggulan dalam hal ketahanan terhadap korosi dan kekuatan terhadap suhu tinggi. Kuat tekan beton geopolimer dengan menggunakan *fly ash* sebagai bahan dasar juga dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti jenis *fly ash* yang digunakan, kandungan silika dan alumina dalam *fly ash*, konsentrasi alkali, rasio air-ke-campuran, dan suhu *curing*.

Kuat tekan beton merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan per satuan luas. Beton yang diasumsikan semua tegangan tekan didukung oleh beton tersebut dapat menghasilkan tegangan tekan tarik yang kecil. Kuat tekan beton dapat dilakukan dengan menggunakan alat uji tekan yang mengacu pada prosedur uji ASTM C-39 (Bumulo, dkk., 2018).

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan *fly ash* terhadap kuat tekan beton geopolimer jika dibandingkan dengan beton normal serta mengetahui kuat tekan beton geopolimer optimum dari variasi campuran aktivator yang akan direncanakan.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Pelaksanaan penelitian mengenai "Pengaruh Penggunaan *Fly ash* pada Kuat Tekan Beton Geopolimer dengan Aktivator Natrium Hidroksida (NaOH) dan Natrium Silikat (Na_2SiO_3)" dilaksanakan di Laboratorium Konstruksi dan Teknologi Beton Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan memvariasikan alkali aktivator dan abu terbang (*fly ash*) sebagai pengganti semen yang digunakan pada campuran beton. Pembuatan beton normal tanpa variasi larutan aktivator dan abu terbang (*fly ash*) juga dilakukan dalam penelitian ini untuk dijadikan sebagai pembandingan.

Benda uji yang digunakan berukuran 10cm x 20cm berbentuk silinder. Penelitian ini menggunakan konsentrasi NaOH 14 M dengan rasio perbandingan NaOH dan Na_2SiO_3 masing – masing (1,0 : 0,5), (1,0 : 1,0), dan (1,0 : 1,5). Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari. Benda uji pada penelitian ini secara keseluruhan berjumlah 36 benda uji. Jumlah benda uji pada saat dilakukan pengujian kuat tekan setiap umur beton terdapat 12 benda uji, diantaranya 3 beton normal 3 beton geopolimer dengan variasi I (1,0 : 0,5), 3 beton geopolimer dengan variasi II (1,0 : 1,0), dan 3 beton geopolimer dengan variasi III (1,0 : 1,5).

Hal – hal yang perlu diperhatikan dalam pembuatan beton geopolimer sebagai berikut :

1. Kualitas *fly ash* yang digunakan, sebaiknya *fly ash* yang akan digunakan di cek terlebih dahulu kelas, kehalusan, kadar CaO, serta kandungan *fly ash* tersebut.
2. *Setting time* beton geopolimer, *setting time* awal berlangsung selama 25 menit dan langsung mengeras sebelum 1 jam. Jika kalsium yang terkandung dalam *fly ash* > 8 % maka dapat mengganggu proses *setting time* sehingga *workability* tidak bagus, beton cepat mengeras dan kuat tekan menjadi rendah.
3. Konsentrasi molaritas NaOH, semakin tinggi molaritas yang digunakan maka

larutan NaOH semakin pekat. NaOH berfungsi untuk mereaksikan unsur – unsur Al dan Si yang terkandung dalam *fly ash* sehingga dapat menghasilkan polimer yang kuat.

4. Penggunaan Na_2SiO_3 , semakin banyak Na_2SiO_3 *setting time* lebih cepat karena Na_2SiO_3 mempercepat reaksi polimerisasi.
5. Rasio NaOH terhadap Na_2SiO_3 , rasio ini juga dapat mempengaruhi kuat tekan beton geopolimer yang akan dibuat.
6. Penggunaan air, semakin banyak air yang ditambahkan dalam campuran maka *workability* bagus tetapi dapat menurunkan kuat tekan beton geopolimer.
7. Bahan tambah (*superplasticizer*), bahan tambah yang dapat digunakan dalam pembuatan beton geopolimer, yaitu bahan tambah yang digunakan untuk mengendalikan waktu pengikatan (*setting time*) dan *workability* campuran.

Pelaksanaan Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian yang dilakukan meliputi uji fisis, perencanaan campuran beton (*mix design*), proses pembuatan, perawatan, dan pengujian terhadap benda uji. Tahapan selanjutnya adalah bagian akhir dari pelaksanaan penelitian, yaitu analisis data hingga mendapatkan hasil dari penelitian yang dilaksanakan.

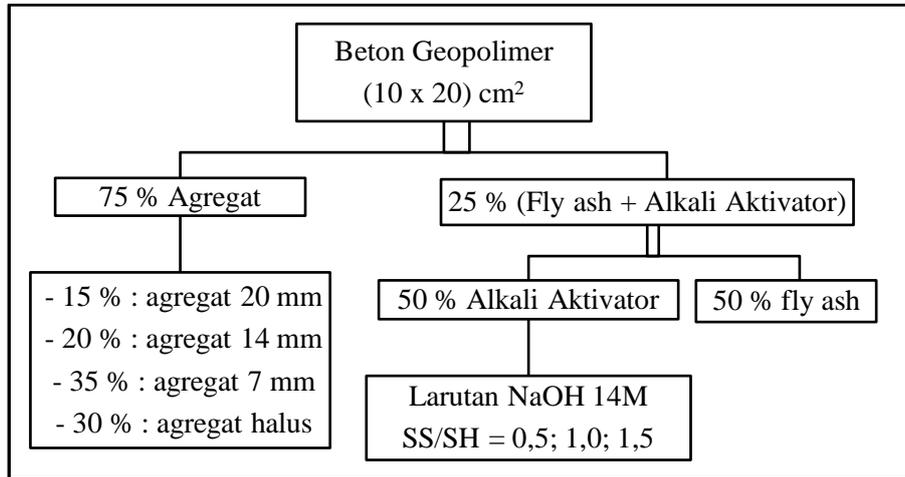
Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Mix design beton geopolimer dapat dilihat pada Gambar 1 serta proporsi campuran beton geopolimer yang direncanakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Pembuatan Larutan Alkali Aktivator

Larutan alkali aktivator pada penelitian ini dibuat dari padatan natrium hidroksida berbentuk serpihan. Rasio larutan terhadap *fly ash*, yaitu 50%. Larutan NaOH dengan

konsentrasi 14 M terdiri dari $14 \times 40 = 560$ gram padatan NaOH/liter larutan, dimana 40 ialah berat molekul NaOH. Massa padatan NaOH diukur menjadi 404 gram padatan NaOH/kg larutan (Hardjito dan Rangan, 2005).



Gambar 1. Diagram *Mix Design* Beton Geopolimer

Tabel 1 Proporsi Campuran Beton Geopolimer

Bahan		Massa (kg)
Agregat Kasar	20 mm	270
	14 mm	360
	7 mm	630
Agregat Halus		540
Fly ash		444
Larutan Natrium Silikat (Na ₂ SiO ₃)	Rasio (SS/SH) :	52
	0,5	78
	1,0	94
Larutan Natrium Hidroksida (NaOH)	1,0	104
	1,5	78
		62
Air Ekstra		178

Tabel 2 Jumlah Benda Uji

No.	Variasi	Jumlah Benda Uji (Buah)		
		7 hari	14 hari	28 hari
1	Beton normal	3	3	3
2	Beton geopolimer (1 : 0,5)	3	3	3
3	Beton geopolimer (1 : 1,0)	3	3	3
4	Beton geopolimer (1 : 1,5)	3	3	3
Jumlah tiap waktu		12	12	12
Jumlah seluruh benda uji		36		

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan berat jenis untuk agregat kasar memenuhi standar spesifikasi pada keadaan SSD namun pada penyerapan tidak memenuhi standar 2% - 7%. Nilai penyerapan diperoleh sebesar 0,88 % berarti agregat kasar dalam kondisi basah terkena hujan pada saat pengujian. Penyerapan agregat mempengaruhi daya lekat agregat dengan pasta.

Proses dan Pembahasan Pembuatan Larutan Alkali

Pembuatan larutan alkali dilakukan sehari sebelum pencampuran pembuatan beton. Pembuatan alkali aktivator ini harus lebih berhati – hati dikarenakan menggunakan cairan kimia NaOH yang merupakan basa kuat yang bersifat korosif yang dapat merusak jaringan kulit. Proses pembuatan larutan alkali sebagai berikut :

1. Siapkan alat dan bahan yang digunakan, antara lain : timbangan, gelas ukur, sendok, NaOH, Na₂SiO₃, dan air
2. Timbang bahan sesuai *mix design* yang telah direncanakan
3. Pembuatan larutan NaOH
4. Timbang Na₂SiO₃
5. Campurkan Na₂SiO₃ kedalam NaOH, lalu aduk hingga rata
6. Siapkan dan timbang air untuk FAS 0,4
7. Campurkan air FAS 0,4 dan larutan alkali, lalu aduk hingga homogen
8. Diamkan selama ±24 jam sebelum pembuatan beton

Proses pembuatan larutan alkali aktivator selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 2. Proses pembuatan larutan ini dilakukan beberapa metode atau percobaan. Percobaan pertama menghasilkan larutan yang mengeras atau membeku dengan tanpa

mencampurkan air FAS 0,4. Percobaan kedua larutan langsung digunakan untuk membuat beton geopolimer setelah di campur tanpa waktu 24 jam. Percobaan ketiga dilakukan dengan mencampur larutan alkali aktivator sehari sebelum digunakan untuk pembuatan beton geopolimer. Percobaan ketiga ini juga langsung mencampurkan air FAS 0,4 ke dalam larutan alkali aktivator. Percobaan yang digunakan pada penelitian ini, yaitu dengan menggunakan percobaan ketiga karena tidak ada pembekuan pada larutan.

Pembuatan Beton Geopolimer

Pembuatan beton geopolimer ini menggunakan metode eksperimen atau *trial and error*. Experimen yang dilakukan berpacu pada beberapa penelitian terdahulu. *Trial and error* pada penelitian ini terdapat beberapa *error* yang disebabkan beberapa faktor, seperti jumlah air, perhitungan proporsi alkali aktivator, metode saat mencampur larutan, perlakuan saat mencampur material menjadi beton, *curing*, dan sebagainya.

Percobaan – percobaan yang dilakukan mengambil dari beberapa sumber seperti penelitian terdahulu berupa jurnal, youtube dan beberapa keadaan bersumber dari asumsi atau percobaan sendiri. Benda uji untuk satu variasi berjumlah 9 buah, dengan 3 buah benda uji pada masing-masing waktu pengujian, 7, 14 dan 28 hari. Pencampuran dilakukan secara manual dengan mengaduk menggunakan sendok semen dengan nampan sebagai alas.

Metode *trial and error* ini dilakukan berulang dan bervariasi hingga hasil yang didapat memuaskan hasil atau sampai peneliti berhenti mencoba dikarenakan beberapa aspek, seperti terbatasnya alat dan bahan, hasil yang diharapkan sangat jauh dari hasil percobaan, dan sebagainya. Hasil

percobaan *trial and error* beserta asumsi kesalahannya sebagai berikut :

1. *Error* pada metode ini terdapat pada proses pembuatan larutan alkali aktivatornya. Alkali aktivator seharusnya dicampurkan sehari sebelum pembuatan beton segar, tapi pada metode ini pencampuran larutan dilakukan tepat sebelum pembuatan beton geopolimer. Asumsi dari Gambar 2 bahwa larutan tidak mengikat *fly ash* sehingga terjadi pemisahan agregat yang membuat beton menjadi keropos dan sangat lemah.



Gambar 2 Kesalahan pada Perlakuan Alkali Aktivator

2. Kesalahan pada saat pengecoran dan pepadatan beton segar dalam *modal*. Kesalahan pada saat pepadatan menyebabkan beberapa bagian beton geopolimer menjadi keropos.



Gambar 3 Kesalahan pada saat Pepadatan dalam *Mold*

3. Kesalahan pada saat membuka cetakan mungkin terjadi dikarenakan kurangnya oli pada *modal*.



Gambar 4 Kesalahan pada saat Membuka Cetakan

Pembuatan Beton Normal

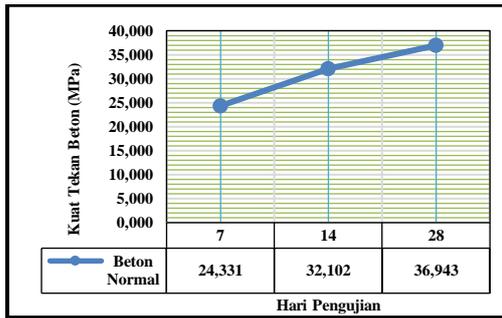
Pembuatan beton normal dilakukan dengan tanpa target kuat tekan beton. Proporsi agregat beton normal mengikuti proporsi agregat beton geopolimer, hanya saja proporsi semen pada beton normal mengikuti proporsi *fly ash* pada beton geopolimer. Pencampuran beton normal dengan proporsi tersebut menghasilkan *slump* 1,8 cm.

Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada hari ke 7, 14 dan 28. Pengujian dilakukan pada beton normal dan beton geopolimer. Pengujian kuat tekan beton diawali dengan menimbang berat beton dan mengukur dimensi beton serta mencatat data awal sebelum pengujian dilakukan. Beton yang sudah di data kemudian di *capping* menggunakan *vertical cylinder capping concrete*. Pengujian kuat tekan beton menggunakan *compressive testing machine*.

Hasil Uji Kuat Tekan Beton Normal

Hasil kuat tekan beton normal dapat dilihat pada Gambar 5. Keretakan pada beton normal dapat dilihat pada Gambar 6.



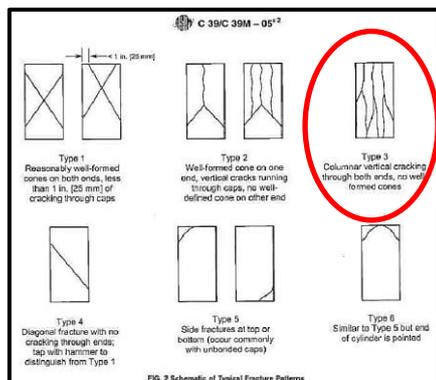
Gambar 5 Grafik Hasil Uji Kuat Tekan Beton Normal

Hasil pengujian menunjukkan kenaikan kuat tekan beton normal. Kenaikan kuat tekan pada hari ke 7 menuju hari ke 14, yakni sebesar 24,21% dan pada hari ke 14 menuju hari ke 28 kuat tekan beton normal mengalami kenaikan sebesar 13,10%.



Gambar 6 Retak pada Beton Normal setelah Uji Kuat Tekan

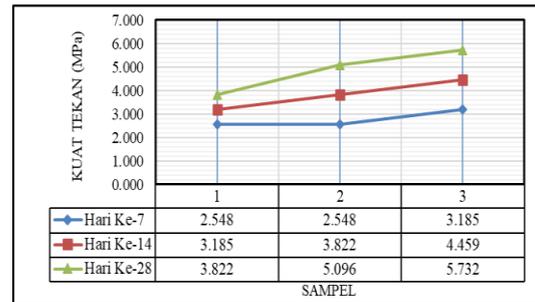
Retak beton hasil uji kuat tekan yang dilakukan termasuk pola retak *columnar* (tipe 3) (ASTM C39). Pola retak berdasarkan ASTM C39 dapat dilihat pada Gambar 7.



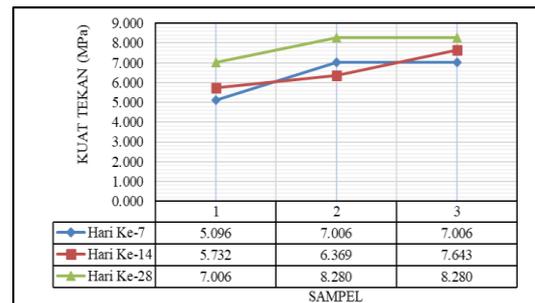
Gambar 7 Tipe Pola Retak pada Benda Uji Silinder

Hasil Uji Kuat Tekan Beton Geopolimer

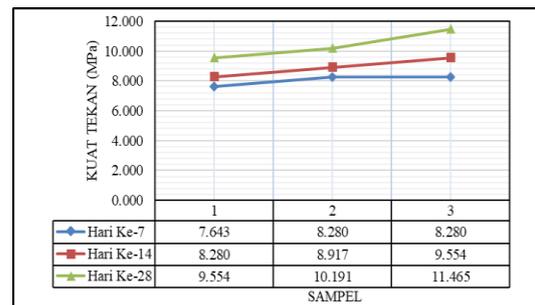
Pengujian kuat tekan beton geopolimer dilakukan pada 3 variasi benda uji. Hasil kuat tekan beton geopolimer dapat dilihat pada Gambar 8 – Gambar 11.



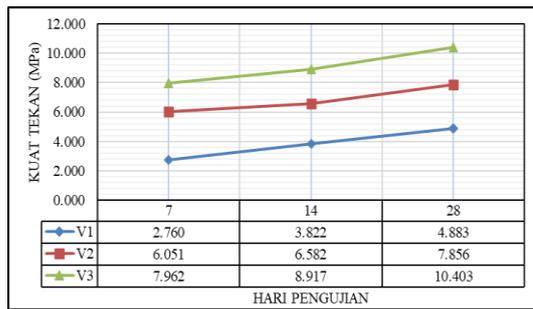
Gambar 8 Grafik Hasil Kuat Tekan Beton Geopolimer Variasi I (0,5 : 1,0)



Gambar 9 Grafik Hasil Kuat Tekan Beton Geopolimer Variasi II (1,0 : 1,0)



Gambar 10 Grafik Hasil Kuat Tekan Beton Geopolimer Variasi III (1,5 : 1,0)



Gambar 11 Grafik Hasil Kuat Tekan Beton Geopolimer 3 Variasi

Hasil uji kuat tekan beton geopolimer berdasarkan Grafik 8 sampai Grafik 11 menunjukkan peningkatan yang terjadi terhadap kuat tekan beton. Satu variasi beton geopolimer memiliki 9 benda uji dan masing – masing dibagi menjadi 3 benda uji yang di uji pada hari ke 7, 14 dan 28 hari. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tekan beton geopolimer semakin meningkat seiring dengan meningkatnya kandungan natrium silikat. Peningkatan yang terjadi pada setiap variasi dapat dilihat pada Tabel 2. Pengujian kuat tekan beton menghasilkan keretakan pada beton. Keretakan pada beton geopolimer saat dilakukan uji kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 12.



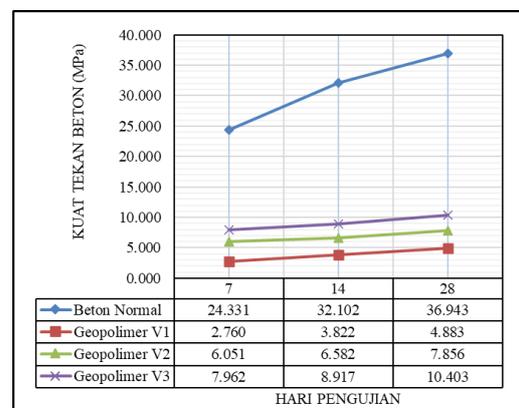
Gambar 12 Keretakan pada Beton Geopolimer saat Uji Kuat Tekan

Retak beton hasil uji kuat tekan yang dilakukan termasuk pola retak columnar (tipe 3) (ASTM C39). Pola

retak berdasarkan ASTM C39 dapat dilihat pada Gambar 13.

Tabel 3 Presentase Kenaikan Kuat Tekan Beton Geopolimer

Variasi Geopolimer	Hari Ke			Rata – rata Kenaikan (%)
	7	14	28	
VI ke VII	54,39	41,94	37,84	44,72
VI ke VIII	65,33	57,14	53,06	58,51
VII ke VIII	24,00	26,19	24,49	24,89
				42,71



Gambar 13 Kuat Tekan Beton Normal dan Beton Geopolimer

Grafik di atas menunjukkan perbedaan kuat tekan beton normal dan kuat tekan beton geopolimer. Kuat tekan beton normal dan beton geopolimer yang dibandingkan ialah kuat tekan beton normal dan kuat tekan beton geopolimer variasi ke III. Perbandingan kuat tekan dilihat dari masing – masing waktu pengujian menghasilkan perbandingan sebesar 67,28% untuk hari ke 7, 72,22% untuk hari ke 14, serta 71,84% untuk hari ke 28.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. *Fly ash* dapat dimanfaatkan dalam pembuatan beton. Penggunaan *fly*

ash pada beton dapat menjadi pengganti semen sebagian maupun seluruh dari proporsi semen. Penggunaan *fly ash* untuk membuat beton geopolimer dengan konsentrasi NaOH 14 M dan perbandingan terhadap Na₂SiO₃ menghasilkan kuat tekan berbeda – beda terhadap variasi perbandingan alkali aktivator yang dilakukan. Kuat tekan beton geopolimer yang dihasilkan pada penelitian ini sebesar 4,883 MPa untuk variasi 0,5 : 1, 7,856 MPa untuk variasi 1 : 1, dan 10,403 MPa untuk variasi 1,5 : 1. Kuat tekan beton normal pada penelitian ini dihasilkan sebesar 36,943 MPa. Kuat tekan beton geopolimer jika dibandingkan dengan kuat tekan beton normal pada penelitian ini terjadi penurunan dengan perbandingan yang cukup besar, yaitu 67,28% untuk hari ke 7, 72,22% untuk hari ke 14, serta 71,84% untuk hari ke 28.

2. Kuat tekan beton geopolimer optimum dari variasi campuran aktivator yang sudah ditetapkan ialah pada variasi III dengan kuat tekan beton sebesar 10,403 MPa.

Saran

Saran yang dapat disampaikan dari penelitian ini, yaitu :

1. Proses pencampuran sebaiknya dilakukan menggunakan alat pencampur atau molen. Metode pencampuran secara manual menghabiskan banyak waktu dan tenaga serta kurang efektif.
2. Variasikan lagi molaritas NaOH dan rasio alkali aktivator yang digunakan

karena dapat mempengaruhi kekuatan beton geopolimer.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C39, 2001, Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens, Annual book of ASTM Standards, 4(2).
- Chichilya S. P. S., Gumalang, S., & Pinori, M., 2021, Analisa Biaya Pemanfaatan *Fly ash* sebagai Material Dasar Beton Self Compacting Geopolymer, PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa, 10(1), 158–168.
- Hardjito, D., & Rangan, B. V., 2005, Development And Properties Of Low-Calcium *Fly ash*-Based Geopolymer Concrete [Research Report GC], Curtin University of Technology, Perth Australia.
- Ilyas, Y. A., Yanti, G., & Putri, L. D., 2022, Studi Beton Geopolimer dengan Bahan Dasar *Fly ash* terhadap Kuat Tekan Beton, Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS), 5(2), 83–92.
- Kusuma, A., Steenie, P., Wallah, E., & Dapas, S. O., 2014, Kuat Tarik Belah Beton Geopolymer Berbasis Abu Terbang (*Fly ash*), Jurnal Sipil Statik, 2(7), 330–336.
- Setiawati, M., 2018, *Fly ash* sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton. Jurnal UMJ Semnastek 2018 (Vol.1t7), 1-8.