

KUAT TEKAN BETON GEOPOLIMER MENGGUNAKAN ABU TERBANG

I M. Alit K. Salain¹, M. Ngakan Anom Wiryasa², dan I Nym Mahendra Martha Adi Pamungkas³.

Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Udayana

Email: Martha.adi8@gmail.com

doi: <https://doi.org/10.24843/SPEKTRAN.2021.v09.i01.p09>

ABSTRAK

Semen merupakan bahan utama membuat beton, yang menghasilkan gas CO₂ pada proses produksinya yang dapat mencemari lingkungan. Kebutuhan semen yang meningkat setiap tahunnya membuat semen lebih banyak diproduksi, sehingga perlu dilakukan inovasi membuat beton salah satunya beton geopolimer. Penelitian membuat beton geopolimer dengan bahan dasar abu terbang dan aktivator NaOH dan Na₂SiO₃. Gradasi butiran pasir dan koral dirancang, pada zona 2 dan gradasi koral dengan butiran maksimum 20 mm. persentase agregat dengan abu terbang dan aktivator sebesar 75%:25%. Perbandingan pasir dan koral digunakan 1:1,24. Dibuat 3 campuran C1, C2, dan C3 dengan persentase abu terbang dan aktivator sebesar C1, 70%:30%, C2 65%:35%, dan C3 60%:40%. Perbandingan Na₂SiO₃ dan NaOH sebesar 1:1,5 dengan molaritas NaOH 14 M. Beton dicetak kubus 15 cm x 15 cm, kemudian dipanaskan pada suhu 70⁰C selama 24 jam. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari masing menggunakan 3 benda uji. Penelitian bertujuan untuk mendapatkan campuran yang terbaik dan menghasilkan kuat tekan beton yang tertinggi. Hasil menyatakan bahwa pengurangan jumlah abu terbang dan penambahan aktivator meningkatkan nilai slump beton geopolimer, serta menurunkan kuat tekan beton geopolimer. Beton geopolimer mengalami peningkatan kuat tekan hingga 14 hari, hal ini terjadi pada beton C1, C2, dan C3. Pada umur 14 hari hingga 28 hari kuat tekan beton geopolimer tidak mengalami perkembangan, bahkan cenderung mengalami penurunan terutama pada beton C3. Campuran beton geopolimer yang terbaik terdapat pada beton C2, dengan kuat tekan sebesar 48,89 MPa pada umur 28 hari.

Kata kunci : *Beton geopolimer, kuat tekan*

GEOPOLYMER CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH USING FLY ASH

ABSTRACT

Cement is the main ingredient in making concrete, which produces CO₂ gas in the production process that can pollute the environment. Cement needs are increasing every year to make more cement produced, so it is necessary to innovate in making concrete, one of which is geopolymer concrete. Research to make geopolymer concrete using fly ash and activator NaOH and Na₂SiO₃. Graded sand and coral grains are designed, in zone 2 and coral grading with a maximum grain of 20 mm. the percentage of aggregates with fly ash and activators is 75%: 25%. Comparison of sand and coral used 1: 1,24. Created 3 mixture of C1, C2, and C3 with the percentage of fly ash and activators of C1, 70%: 30%, C2 65%: 35%, and C3 60%: 40%. Comparison of Na₂SiO₃ and NaOH of 1: 1.5 with 14 M NaOH molarity Concrete printed cubes 15 cm x 15 cm, then heated at a temperature of 70⁰C for 24 hours. Concrete compressive strength testing is done at the age of 7, 14, and 28 days each using 3 specimens. The research aims to get the best mixture and produce the highest compressive strength of concrete. The results state that reducing the amount of fly ash and adding activators increases the value of the slope of the geopolymer concrete, as well as decreases the compressive strength of the geopolymer concrete. Geopolymer concrete has increased compressive strength up to 14 days, this occurs in concrete C1, C2, and C3. At the age of 14 days to 28 days the compressive strength of geopolymer concrete does not develop, and even tends to decrease, especially in C3 concrete. The best geopolymer concrete mix is found in C2 concrete, with compressive strength of 48.89 MPa at 28 days.

Keywords: *geopolymer concrete, compressive strength*

1. PENDAHULUAN

Produksi semen merupakan penghasil gas CO₂, hal ini semakin mengancam lingkungan kita, oleh karena itu untuk mengatasi permasalahan perlu dilakukan inovasi dalam membuat beton salah satunya beton geopolimer. beton geopolimer merupakan beton yang tidak menggunakan semen sebagai bahan dasar, tetapi menggunakan bahan Pozzolan salah satunya adalah abu terbang. Abu terbang banyak mengandung unsur Al dan Si yang sangat berperan penting dalam mempengaruhi karakteristik beton geopolimer. Dalam membuat

beton geopolimer dibutuhkan larutan alkali yang berfungsi sebagai pengaktif reaksi polimerisasi dari unsur Al dan Si pada abu terbang. Larutan alkali yang umum digunakan KOH, NaOH dengan Na_2SiO_3 .

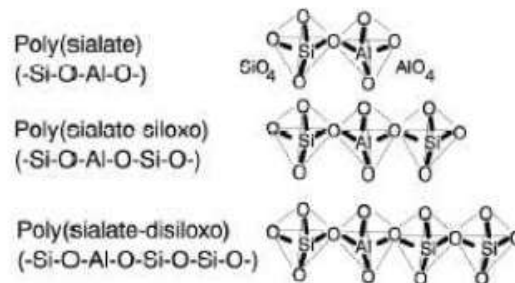
Studi mengenai beton geopolimer dengan abu terbang aktivator NaOH dan Na_2SiO_3 persentase agregat dengan abu terbang 75%:25%, perbandingan Na_2SiO_3 dengan NaOH, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, dan 2.5, larutan NaOH 8 M dan 10 M. kuat tekan optimum didapat pada perbandingan 1.5 dengan larutan NaOH sebesar 10 M sebesar 50 MPa oleh Ekaputri, (2007). Studi beton geopolimer dengan bahan dasar abu terbang dengan aktivator Na_2SiO_3 dengan NaOH yang dicampur dengan KOH, BaOH_2 , LiOH, MgOH_2 dan AlOH_3 , agregat dan abu terbang 80%:20% komposisi aktivator 30% dari berat abu terbang, molaritas NaOH sebesar 8 M dan 14 M, kuat tekan optimum didapat campuran aktivator Na_2SiO_3 dan NaOH dengan molaritas NaOH 14 sebesar 37.3 MPa oleh Nagalia, dkk, (2016).

Berdasarkan uraian diatas, akan dilakukan penelitian dengan melakukan eksperimen membuat beton geopolimer menggunakan perekat abu terbang dengan aktivator Na_2SiO_3 dan NaOH. Komposisi agregat dengan abu terbang dan aktivator sebesar 75 % : 25 %. Variabel yang diteliti adalah variasi perbandingan abu terbang dengan aktivator sebesar C1 70% : 30%, C2 65% : 35%, dan C3 60% : 40%. Merujuk penelitian sebelumnya bahwa, perbandingan Na_2SiO_3 dengan NaOH sebesar 1.5 menghasilkan kuat tekan tertinggi. Semakin besar molaritas NaOH nilai kuat tekan beton meningkat, sehingga digunakan 14 M. Penelitian bertujuan untuk mengukur kuat tekan beton geopolimer dan mencari komposisi yang terbaik dan kuat tekan tertinggi.

2. Beton Geopolimer

2.1 Pengertian Beton Geopolimer

Beton geopolimer adalah jenis beton baru yang 100% tidak menggunakan semen sebagai pengikat. Penggunaan material yang mengandung silika (Si) dan Aluminium (Al) sepenuhnya sebagai pengganti semen melewati proses polimerisasi anorganik (geopolimer) yang dipelopori oleh seorang ilmuwan Prancis. Proses polimer yang terjadi pada beton geopolimer meliputi reaksi kimia antara alkali dengan Si – Al sehingga menghasilkan ikatan struktur Si-O-Al-O yang konsisten (Davidovits,1999). Abu terbang merupakan salah satu bahan yang digunakan untuk membuat beton geopolimer karena pada abu terbang terkandung unsur kimia Si dan Al.



Gambar 1. Struktur Kimia Polysilicate (Davidovits,1999)

2.2 Kelebihan dan Kekurangan Beton Geopolimer

Beton geopolimer memiliki kelebihan dan kekurangan, menurut Harjito dan Rangan , (2005) yaitu:

Kelebihan :

- tahan terhadap serangan sulfat
- memiliki rangkai dan susut kecil.
- Tahan terhadap reaksi alkali silika.
- Tahan terhadap api.
- Dapat mengurangi polusi udara

Kekurangan :

- Dalam membuatnya sedikit rumit dari beton konvensional karena jumlah material yang digunakan lebih banyak.
- Belum adanya mix desain yang pasti.

2.3 Curing Beton Geopolimer

Curing pada beton geopolimer adalah dengan memberikan panas dengan menggunakan oven. Pemberian suhu yang tepat pada beton geopolimer akan memberikan peningkatan pada kuat tekannya kerana panas merupakan faktor penting untuk mengaktivasi reaksi dari *fly ash* (Bakrai,2011).pada saat pemanasan terbentuk kalsium silikat hidrat (CSH) merupakan senyawa yang berperan pada saat pengerasan pada beton, sehingga membuat beton geopolimer mencapai kekuatan optimum.

2.4 Material

1. Agregat Kasar

Pada penelitian digunakan agregat kasar atau kerikil yang berasal dari Karangasem, yang didapatkan dari UD jaya bangunan, butiran agregat kasar dirancang dengan butiran maksimum 20 mm. Persyaratan mengenai proporsi gradasi saringan agregat kasar untuk campuran beton berdasarkan (SNI 03-2834-2000).

2. Agregat Halus

Pada penelitian digunakan agregat halus atau pasir yang berasal dari Karangasem, yang didapatkan dari UD jaya bangunan. Rancangan agregat halus digunakan pada gradasi pasir zona 2. Persyaratan mengenai ukuran butiran agregat halus berdasarkan (SNI 03-2834-2000).

3. Abu Terbang

Abu terbang adalah limbah padat yang dihasilkan dari pembakaran batu bara pada PLTU. Abu terbang dibagi menjadi dua kelas yaitu kelas F dan kelas C. perbedaan utama dari keduanya adalah kandungan kimia pada abu terbang yaitu jumlah SiO_2 , Al_2O_3 dan Fe_2O_3 , minimal 70% merupakan abu terbang kelas F, dan minimal 50% untuk abu terbang kelas C. abu terbang kelas F memiliki kandungan CaO kurang dari 10%, sedangkan abu terbang kelas C memiliki kandungan di atas 10% (ASTM C618).

4. Aktivator

Aktivator merupakan senyawa yang akan digunakan agar terjadi polimerisasi pada beton geopolimer. Hidroksida pada aktivator akan bereaksi dengan Si dan Al pada abu terbang dan melepas H_2O sebagai sisa polimerisasi. NaOH merupakan aktivator pada beton geopolimer berbahan dasar abu terbang yang dapat menghasilkan kuat tekan yang tinggi dari pada KOH (Davidovits, 2008). semakin tinggi konsentrasi NaOH maka kekuatan beton geopolimer akan lebih tinggi, hal ini disebabkan jumlah mol akan semakin banyak, sehingga reaksi polimernya akan semakin kuat. Na_2SiO_3 salah satu yang unsur yang berperan penting dalam proses polimerisasi yang berfungsi untuk mempercepat proses polimer.

5. Air

Air yang berfungsi sebagai pelarut agar beton segar mudah tercampur, air pada beton geopolimer berfungsi melarutkan NaOH dan Na_2SiO_3 sehingga menjadi larutan alkali dan mudah tercampur dengan abu terbang dan agregat. Air yang digunakan pada campuran beton harus bebas dari padatan tersuspensi ataupun padatan terlarut yang terlalu banyak, dan bebas dari material organik (Mindess et al,2003). Air pada campuran beton harus memenuhi persyaratan (SNI 03-2847-2002).

2.5 Kuat Tekan Beton

Sifat yang diperhitungkan pada beton sebagai elemen struktur bangunan adalah kuat tekannya. Untuk mengetahui kuat tekan beton diperlukan pengujian pada laboratorium dengan membuat benda uji kubus atau silinder. Perosedur pembuatan benda uji harus memenuhi persyaratan pada (SNI 03-6429-2000) dan prosedur mengenai pengujian kuat tekan beton menurut (SNI 03-1974-19990). Adapun perhitungan kuat tekan beton dapat dihitung melalui persamaan 1.

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Dimana :

$f'c$ = beban maksimum (MPa)

P = beban maksimum (N)

A = luas penampang (mm^2)

3 BAHAN DAN METODE PENELITIAN

3.1 Bahan Penelitian

Penelitian ini menggunakan material campuran beton terdiri dari air, perekat dan agregat. Masing masing diuraikan sebagai berikut:

1. Air yang digunakan untuk campuran beton adalah air PDAM yang didapat dari Laboratuium Struktur dan Bahan Program Studi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana.
2. Agregat halus digunakan pasir alami yang berasal dari karangasem yang dirancang memenuhi gradasi zona 2 sesuai SNI 03-2834-2000. Agregat kasar digunakan koral dengan susunan butir dirancang memenuhi gradasi untuk ukuran butiran maksimum 20 mm menurut SNI 03-2834-2000.
3. Perekat adalah campuran abu terbang yang didapat dari PLTU Paiton dengan Aktivator NaOH dan Na_2SiO_3 . Persentase abu terbang dan aktivator dirancang sebagai berikut:

Tabel 2 Komposisi Perekat Beton Geopolimer

Beton Geopolimer	Perekat Abu Terbang : Aktivator
C1	70% : 30 %
C2	65% : 35 %
C3	60% : 40 %

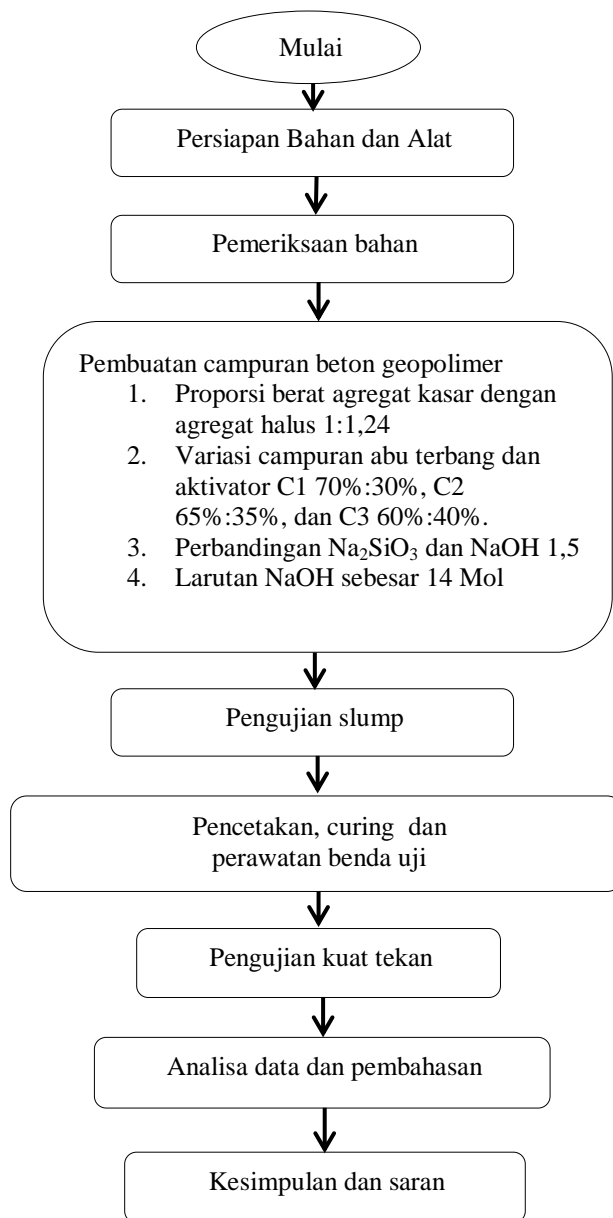
3.2 Metode Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini di bagi beberapa tahapan kegiatan yang meliputi, tahap persiapan, pembuatan benda uji, pengumpulan data dan analisis. Adapun bagan alir penelitian di tampilkan pada Gambar 2.

Persiapan meliputi persiapan alat dan bahan. Peralatan yang digunakan yaitu cetakan , mesin, pencampur beton, alat uji slump, cetakan kubus 15 cm x 15 cm, alat pengetar, oven, tempat perawatan benda uji. Pemeriksaan sifat sifat bahan meliputi, berat satuan, berat jenis, rancangan gradasi agregat yang digunakan pada campuran.

Pencampuran bahan dimulai dari menakar kebutuhan agregat yang telah di gradasi sesuai dengan desain. Melarutkan NaOH kedalam air dan mengaduknya selama kurang lebih 3 menit. Larutan NaOH dituangkan kedalam Na_2SiO_3 dan diaduk hingga terlarut. Mencampurkan larutan aktivator kedalam abu terbang, kemudian diaduk hingga menjadi pasta, dan menuangkan ke dalam agregat yang telah dicampur pada mixer. Campuran beton diaduk kedalam mixer hingga tercampur rata, kemudian beton segar dituangkan kedalam wadah dan dilakukan pengujian slump. Beton dicetak pada cetakan beton kubus 15 cm x 15 cm, dan dipadatkan dengan cara dirojok, kemudian di getarkan dengan mesin getar. Langkah berikutnya memasukkan beton beserta cetaknya kedalam oven, yang sebelumnya telah di atur pada suhu 70°C selama 24 jam. Beton di keluarkan dari cetakan pada hari berikutnya, dan kemudian disimpan dalam kantong plastik hingga dilaksanakan pengujian kuat tekan.

Pengujian kuat tekan dilaksanakan pada umur 7,14, dan 28 hari dengan menggunakan 3 buah benda uji setiap campuran. Jumlah benda uji pada setiap pengujian kuat tekan beton berjumlah 9 buah, sehingga jumlah total benda uji yang diperlukan 27 buah.



Gambar 2 Bagan Alir Penelitian

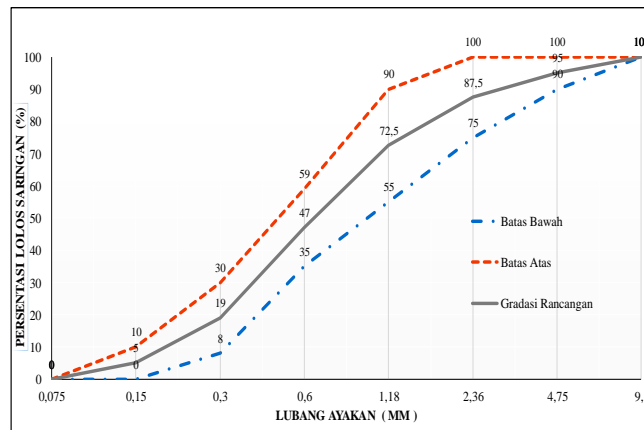
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Bahan

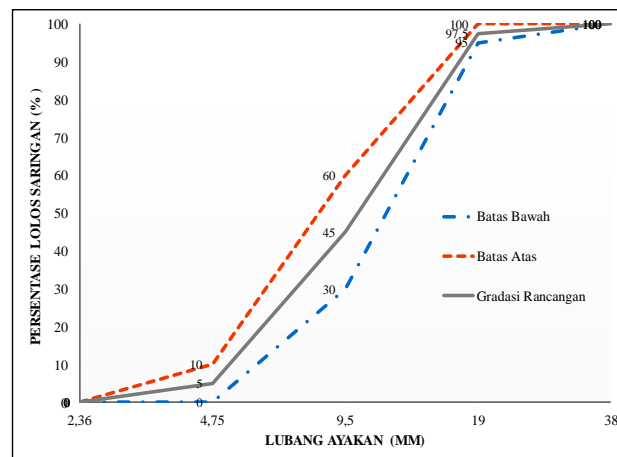
1. Air yang digunakan campuran beton adalah air PDAM yang didapatkan dari Laboratorium Struktur dan Bahan Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Udayana di Bukit Jimbaran.. Pengujian air tidak dilakukan dengan asumsi air telah memenuhi syarat untuk mencampur beton.
2. Agregat dilakukan pengujian berat jenis SSD, berat satuan, penyerapan air, dan kadar lumpur. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3. Rancangan gradasi agregat halus sesuai dengan gradasi pasir zona 2 dapat dilihat pada Gambar 3. Gradasi agregat kasar sesuai gradasi ukuran butiran maksimum 20 mm seperti pada Gambar 4.

Tabel 3 Pengujian Agregat Halus dan Agregat Kasar

Pengujian	Agregat Halus (Pasir)	Agregat Kasar (Kerikil)
Berat Jenis SSD	2,48	1,74
Berat Satuan (gm/cm ³)	1,58	1,257
Penyerapan (%)	2,90	4,79
Kadar Lumpur (%)	1,39	0,58



Gambar 3 Rancangan Gradasi Agregat Halus Zone 2



Gambar 4 Rancangan Gradasi Agregat Kasar Diameter Butir Maks. 20 mm

- Abu terbang didapatkan pada PLTU Paiton, abu terbang dapat dilihat pada Gambar 5. Abu terbang dilakukan uji kimia yang dilakukan di Laboraturium Material Universitas Negeri Malang, dan termasuk pada abu terbang klas C menurut (ASTM C618). Hasil dapat dilihat pada Tabel 4.



Gambar 5 Abu Terbang

Tabel 4 Hasil Uji Kimia Abu Terbang

Komponen	Kadar (%)
SiO ₂ (Silika Dioksida)	39,3
Al ₂ O ₃ (Alumunium Oksida)	14
Fe ₂ O ₃ (Fero Oksida)	29,27
CaO (Kalsium Oksida)	11,3
MgO (Magnesium Oksida)	0,99
SO ₃ (Sulfur Trioksida)	0,80
K ₂ O (Kalium Oksida)	2,20

4. Aktivator yang digunakan adalah NaOH berbentuk kepingan dan Na₂SiO₃ berbentuk gel yang didapatkan dari toko kimia, dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.



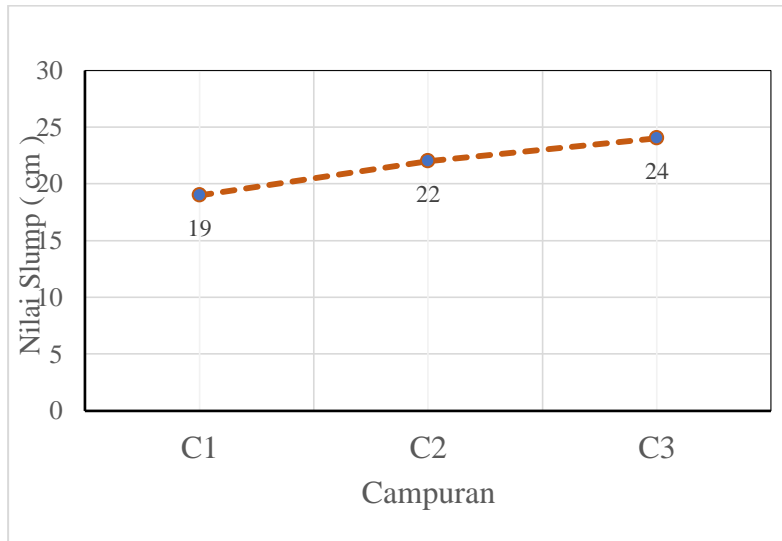
Gambar 6 NaOH Dalam Bentuk Kepingan



Gambar 7 Na₂SiO₃ Dalam Bentuk Gel

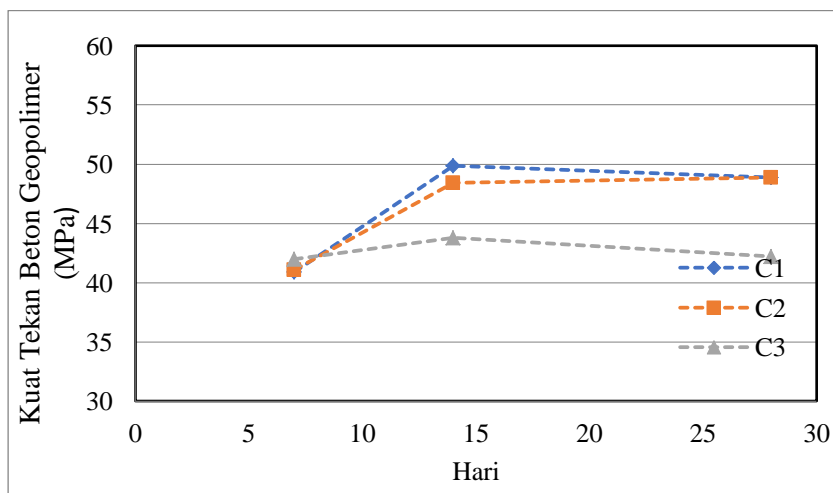
4.2 Slump Beton Geopolimer

Pada Gambar 7 terlihat bahwa semakin bertambah aktivator dan semakin berkurang abu terbang, maka slump beton geopolimer semakin meningkat. Peningkatan slump beton geopolimer pada C2 dan C3 sebesar 13,63% dan 20,83 % terhadap beton C1.



Gambar 8 Slump Beton Geopolimer

4.3. Kuat Tekan Beton Geopolimer



Gambar 9 Grafik Kuat Tekan Beton Geopolimer

Hasil uji kuat tekan beton geopolimer dapat dilihat pada Gambar 8. Dari gambar tersebut terlihat bahwa beton geopolimer mengalami peningkatan kuat tekan hingga 14 hari, hal ini terjadi pada beton C1, C2, dan C3. Peningkatan kuat tekan beton geopolimer dari umur 7 hari hingga 14 hari pada beton C1 sebesar 22%, C2 sebesar 17,8% dan C3 sebesar 4,23%. Pada umur 14 hari hingga 28 hari kuat tekan beton geopolimer tidak mengalami perkembangan, bahkan cenderung mengalami penurunan terutama pada beton C3.

4.4. Pembahasan

Pada penelitian beton geopolimer ini menunjukkan bahwa, Pengurangan abu terbang dan penambahan aktivator yang terdiri dari NaOH (Soda caustic) dan Na_2SiO_3 (Water glass) membuat slump beton segar meningkat. Peningkatan nilai slump yang terjadi disebabkan karena meningkatnya jumlah air, seiring meningkatnya jumlah aktivator, dan berkurangnya jumlah abu terbang pada beton geopolimer, sehingga campuran beton akan menjadi lebih encer.

Persentase abu terbang dan aktivator pada beton geopolimer berpengaruh terhadap kuat tekan beton geopolimer. Perubahan jumlah abu terbang dan aktivator membuat penurunan pada kuat tekan pada beton C3. Penurunan terjadi diperkirakan karena jumlah abu terbang yang sedikit dengan jumlah aktivator yang banyak membuat proses ikatan polimer yang lemah, antara unsur Si dan Al dengan pengikat Na_2SiO_3 dikarenakan proporsi yang kurang baik pada campuran.. Penurunan kuat tekan beton geopolimer pada beton C3 juga disebabkan kadar air yang lebih banyak pada campuran, sehingga pada saat pengerasan terdapat sisa air yang membentuk pori pada beton C3 dan mengakibatkan penurunan

kuat tekan betonya. Campuran beton geopolimer yang terbaik, didapat pada beton C2, jika dilihat pada Gambar 9 kuat tekan masih mengalami perkembangan dari umur 14 hari sampai 28 hari meskipun sangat kecil, sedangkan pada beton C1 dan C3 pada umur 14 hari sampai 28 hari malah mengalami penurunan pada kuat tekan beton. Kuat tekan beton tertinggi pada beton C2 sebesar 48,89 MPa pada umur 28 hari.

Peningkatan umur uji pada beton geopolimer terjadi pada umur awal hingga 14 hari, selanjutnya beton geopolimer pada umur 14 hingga 28 hari tidak mengalami peningkatan pada kuat tekanya. Hal ini menunjukkan bahwa proses reaksi polimer hanya terjadi sampai umur 14 hari. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Yohanes, (2014).

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Campuran beton geopolimer yang terbaik terdapat pada beton C2, dengan persentase 65% abu terbang, dan 35% aktivator.
2. Kuat tekan beton tertinggi beton geopolimer adalah 48,89 MPa pada umur 28 hari..

5.2 Saran

1. Pada penelitian selanjutnya, disarankan untuk melakukan pengujian pada umur diatas 28 hari, karena jika melihat hasil uji beton C2 kemungkinan masih mengalami perkembangan pada kuat tekan beton geopolimer.
2. Menambah jumlah sampel benda uji di setiap campuran agar didapatkan data yang lebih banyak, sehingga ketika ada benda uji yang tidak memenuhi syarat, maka jumlah data yang dibutuhkan tetap bisa dipenuhi.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM. (1993). ASTM C618-92a. *Standard Specification for fly ash and raw Calcined Natural Pozzolan for use as a Mineral Admixture in Portland Cement Concrete*. US.
- Badan Standarisasi Nasional. 2000. SNI 03-2834-2000. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. SNI 03-2847-2002. *Peraturan Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*.
- Badan Standarisasi Nasional. 1990. SNI 1990 03-1974. *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*.
- Davidovits, J.1999. *Geopolymer Inorganic Polymeric New Materials*. Geopolymer Institut , France.
- Ekautri, J. Triwulan, dan Darmayanti, O. 2007. Sifat Mekanik Beton Geopolimer Berbahan Dasar Abu Terbang Jawa Power Paiton Sebagai Matrial Alternatif. *Jurnal Pondasi*, Vol 13, hal 125-133
- Nagalia, G. Park, Y. Abolmaali, A. dan Aswath, A. 2016. *Compressive Strength and Microstructural Properties of Fly Ash-Based Geopolymer Concrete*. *Jurnal ASCE*, Vol 28.
- Hardjito, D. and Rangan, B.V. (2005). *Development and Properties Of Low Calcium Fly Ash Based Geopolymer Concrete*. Perth. Australia. Mindess et al. 2003. *Concrete*. USA. Prentice Hall.
- Yohanes, S. 2014. Pengaruh Variasi Umur Terhadap Kuat Tekan Beton Geopolimer Dengan Menggunakan Abu Terbang (Fly Ash). Yogyakarta, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.