



KARAKTERISTIK BETON GEOPOLIMER PADA AKTIVATOR NATRIUM HIDROKSIDA (NAOH) DAN NATRIUM SILIKAT (NA₂SIO₃)

Ben Novarro Batubara*, **Istiqomah***, **Budi Kudwadi***, **Diza Alfani***

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

*Corresponding Author, email: bensnovr@upi.edu, istiqomah@upi.edu, bkudwadi@upi.edu, dizaalfan75@upi.edu

ABSTRACTS

Geopolymer concrete is concrete composed of cystesis material of non-organic materials that go through a polymerization process so that it is environmentally friendly, so it can reduce the amount of carbon dioxide produced in Portland cement in the normal concrete manufacturing process which can cause a greenhouse effect. Geopolymer concrete requires a lot of silica and alumina. In geopolymer concrete, the most common alkaline activators used in geopolymer concrete are Sodium Hydroxide (NaOH) and Sodium Silicate (Na₂SiO₃). Fly Ash has a lot of silica and alumina and the role of alkali activator to dissolve the elements of silica and alumina. The method carried out is an experiment. This study used a ratio between fly ash and activator of 70%:30%, and used a ratio of activators between Na₂SiO₃ and NaOH of 5:2, 6:2, 7:2, 8:2, 9:2, with a cylinder test object of 20x10 cm with a test result of 42.71 MPa.

ARTICLE INFO

Article history:

Submitted/Received: 20 Januari 2022

First revised: 5 Februari 2022

Accepted: 26 Maret 2022

First Available online: 26 Juni 2022

Publication Date: 01 Juli 2022

Keywords:

Activator, Compressive Strength, Geopolymer Concrete,

1. PENDAHULUAN

Pada saat ini, kebutuhan beton di Indonesia semakin besar. Hal pertama yang sering dijadikan sasaran perhatian adalah emisi gas rumah kaca (karbon dioksida) yang dihasilkan pada proses produksi semen. Semen portland menghasilkan gas CO₂ (Karbon Dioksida) dalam jumlah besar dan mengakibatkan emisi karbon dioksida meningkat, sehingga perlu dicarikan upaya untuk menekan angka produksi gas yang mencemari lingkungan.

Untuk mengatasi efek samping masalah daya tahan lingkungan dan perbaikan pada bahan beton yang menggunakan semen portland, maka perlu bahan lain sebagai pengganti semen portland yang digunakan untuk membuat beton. Menurut Joseph Davidovits, geopolimer adalah sintesis dari bahan alami anorganik melewati proses polimerisasi (Amin M, 2017). Bahan baku dasar utama yang diperlukan untuk pembuatan bahan geopolimer ini adalah bahan ini mengandung banyak silika dan alumina. Banyak dari elemen ini ada di termasuk bahan produk sampingan industri, seperti limbah fly ash pembakaran batu bara.

Abu terbang (*fly ash*) merupakan sisa dari hasil pembakaran batu bara pada pembangkit listrik. Abu terbang mempunyai titik lebur sekitar 1300 °C dan mempunyai kerapatan massa (densitas), antara 2.0 – 2.5 g/cm³. Abu terbang adalah salah satu residu yang dihasilkan dalam pembakaran dan terdiri dari partikel-partikel halus. Abu yang tidak naik disebut bottom ash. (Saputra M, 2022)

Dalam pembuatan beton geopolimer diharuskan adanya alkali aktivator, alkali aktivator merupakan cairan yang berperan penting dalam proses polimerisasi. Alkali aktivator digunakan untuk melarutkan unsur-unsur silika dan alumina pada fly ash dan memungkinkan terjadi reaksi kimia. Larutan alkali aktivator yang paling umum digunakan dalam beton geopolimer adalah kombinasi dan Natrium Hidroksida (NaOH) dan Natrium Silika Dioksida (Na₂SiO₃), (Davidovits, 1994).

Beton

SNI 03-2847-2019 menjelaskan bahwa beton adalah campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (admixture). Beton diperoleh dengan cara mencampurkan semen, air, agregat dengan atau tanpa bahan tambah tertentu. Perbandingan campuran bahan susun disebutkan secara urut, dimulai dari ukuran butir yang paling kecil (lembut) ke butir yang besar, yaitu: semen, pasir, dan kerikil. Nilai kekuatan dan daya tahan (durability) beton merupakan fungsi dari banyak faktor, antaranya adalah nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pembuatan adukan beton, temperatur dan kondisi perawatan pengerasannya. (HA, et al., 2020).

Beton Segar

Beton segar adalah gabungan antara semen, agregat (halus dan kasar), dan air yang saling mengikat dan belum mengeras masi bersifat lunak dan dapat membentuk dengan mudah (Deanova, F, 2020). Sifat pada beton segar akan sangat mempengaruhi beton kerasnya jadi penanganan pada waktu beton masih segar sangat diperlukan. Dalam pengerjaan beton segar, tiga sifat penting yang harus diperhatikan adalah kemudahan pengerjaan (workability), pemisahan kerikil (segregation), dan pemisahan air (bleeding). (Tri Mulyono, 2005).

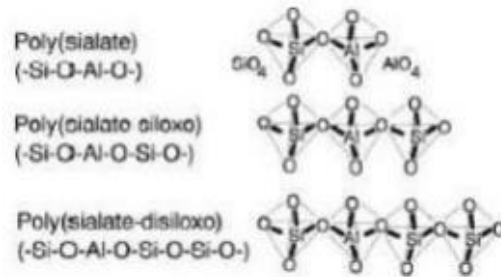
Beton Geopolimer

Beton geopolimer adalah beton yang tersusun dari material yang ramah lingkungan karena tersusun dari sintesis bahan non-organik melalui polimerisasi. Bahan dasar utama beton geopolimer ini adalah bahan yang banyak mengandung silikon dan aluminium. Istilah geopolimer pertama kali digunakan oleh Profesor Davidovits pada tahun 1978 (Davidovits, 1994) untuk menggambarkan mineral polimer yang dihasilkan melalui geokimia. Geopolimer adalah bentuk anorganik alumina-silika, disintesis dari bahan yang mengandung sejumlah besar silika (Si) dan alumina (Al), yang berasal dari produk sampingan alam atau industri. (Manuahe, et al., 2014)

Aktivator

Aktivator alkali merupakan cairan yang berperan penting dalam proses polimerisasi. Aktivator alkali digunakan untuk melarutkan unsur silika dan alumina dalam abu terbang dan memungkinkan terjadinya reaksi kimia. Larutan aktivator alkali yang paling umum digunakan dalam beton geopolimer adalah campuran natrium hidroksida (NaOH) dan natrium silika (Na_2SiO_3) (Davidovits, 1994).

Proses polimerisasi yang terjadi di dalam beton geopolimer meliputi reaksi kimia yang terjadi antara alkalin dengan mineral Si – Al sehingga menghasilkan rantai polimeric tiga – dimensi dan ikatan struktur Si – O – Al – O yang konsisten (Davidovits, 1994). Davidovits (1994) menyarankan penggunaan istilah 'poly (sialate)' sebagai nama kimia dari beton geopolimer yang berbahan dasar siliko-aluminate. Sialate adalah singkatan dari silicon-oxoaluminate.



Gambar 1. Struktur Kimia Polysilicate

Fly Ash

Abu terbang (*fly ash*) merupakan sisa dari hasil pembakaran batu bara pada pembangkit listrik. Abu terbang mempunyai titik lebur sekitar 1300 °C dan mempunyai kerapatan massa (densitas), antara 2.0 – 2.5 g/cm³ (Kaselle H, 2021). Abu terbang adalah salah satu residu yang dihasilkan dalam pembakaran dan terdiri dari partikel-partikel halus. Abu yang tidak naik disebut *bottom ash*. Abu terbang tidak memiliki kemampuan mengikat seperti halnya semen, namun dengan kehadiran air dan ukurannya yang halus, silika oksida (SiO₂) yang dikandung di dalam abu terbang akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida yang terbentuk dari proses hidrasi semen dan menghasilkan zat yang memiliki kemampuan yang mengikat (Maryato A, 2008).

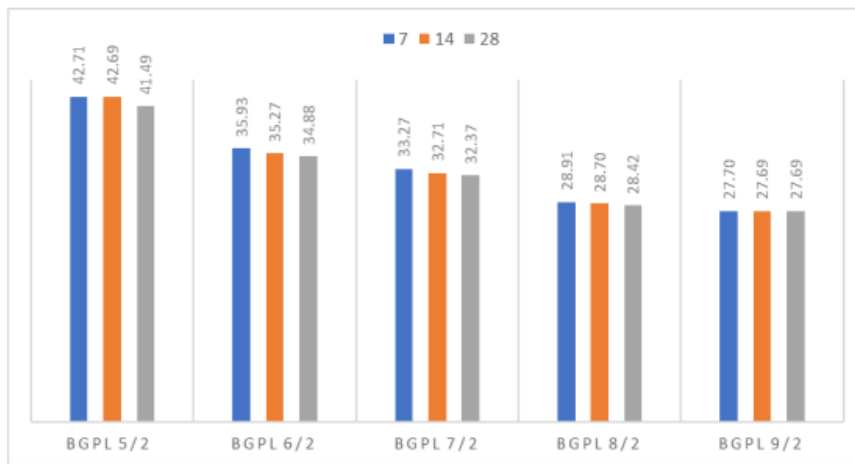
2. METODE

Metode eksperimen dilakukan dengan membandingkan beton dengan variabel aktivator (Na₂SiO₃ dan NaOH) yang berbeda dengan rencana *f'c* = 25 MPa pada beton eksperimen. Metode eksperimen dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh beton geopolimer berbahan dasar abu terbang (*fly ash*) dan aktivator terhadap kuat tekan beton. Untuk pengganti semen digunakan *fly ash* dan aktivator, sedangkan variabel dalam penelitian ini adalah perbandingan aktivator yaitu Na₂SiO₃ dan NaOH. Adapun jumlah sampel yang akan digunakan sebanyak 45 sampel. Sampel ini dibuat berdasarkan perbandingan aktivator, yaitu 5:2, 6:2, 7:2, 8:2, 9:2 dari Na₂SiO₃ dan NaOH.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kuat Tekan

Pada gambar 2 variasi tertinggi pada BGPL 5/2 dan terjadi penurunan dari variasi BGPL 5/2, bisa terjadi penurunan disebabkan oleh perbandingan yang kurang sempurna pada ikatan antar monomer pada Na₂SiO₃/NaOH. Dari gambar 4.2 dapat disimpulkan bahwa pengaruh aktivator pada beton geopolimer yang tertinggi yaitu perbandingan 5/2 dari Na₂SiO₃/NaOH yaitu 42.71 MPa.



Gambar 2. Pengaruh aktivator beton geopolymer berbahan dasar abu terbang (fly ash) terhadap kuat tekan

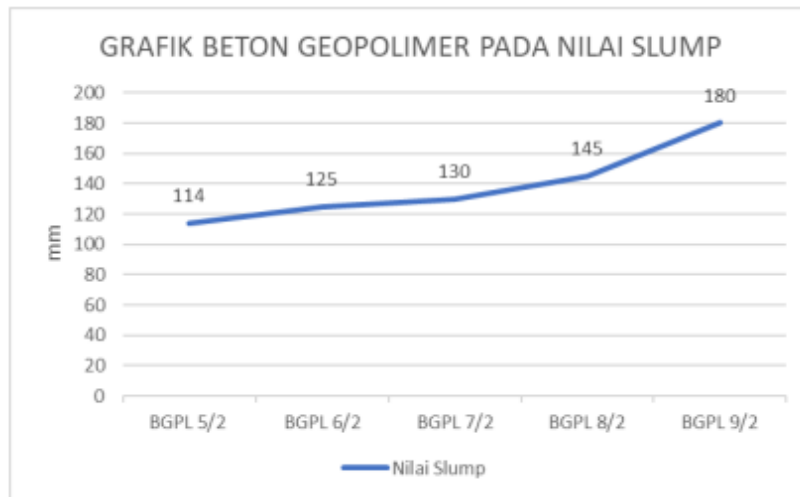
Sumber : Hasil Olah Data (2022)

Beton dengan variasi aktivator 5/2, 6/2, 7/2, 8/2, dan 9/2 pada umur 7 hari dari $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ memperoleh nilai kuat tekan secara berturut-turut sebesar 42.71 MPa, 35.93 MPa, 33.27 MPa, 28.91 MPa, dan 27.70 MPa. Beton dengan variasi aktivator 5/2, 6/2, 7/2, 8/2, dan 9/2 pada umur 14 hari dari $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ memperoleh nilai kuat tekan secara berturut-turut sebesar 42.69 MPa, 35.27 MPa, 32.71 MPa, 28.70 MPa, dan 27.69 MPa. Beton dengan variasi aktivator 5/2, 6/2, 7/2, 8/2, dan 9/2 pada umur 28 hari dari $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ memperoleh nilai kuat tekan secara berturut-turut sebesar 41.49 MPa, 34.88 MPa, 32.37 MPa, 28.42 MPa, dan 27.69 MPa.

Pada gambar 2 dilihat bahwa untuk kuat tekan pada 7,14,28 itu tidak ada perubahan secara signifikan bisa disimpulkan beton geopolimer dengan Metode curing oven selama 24 jam pada 80°C adalah beton kekuatan awal tinggi. Saat proses pemanasan, terbentuk kalsium silikat hidrat yang merupakan senyawa yang berperan saat pengerasan pada beton, sehingga kekuatan optimum dari beton geopolymer tercapai.

3.2. Slump

Beton geopolimer dengan campuran aktivator 5/2 ($\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$) memiliki nilai slump yang terendah yaitu di 114 mm. Beton geopolimer dengan campuran aktivator ($\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$) memiliki nilai slump secara berturut-turut sebesar 114 mm, 125 mm, 130 mm, 145 mm, dan 180 mm. Dilihat dari hasil pengujian semakin besar perbandingan antara Na_2SiO_3 dan NaOH semakin bertambah nilai slump pada beton geopolimer.

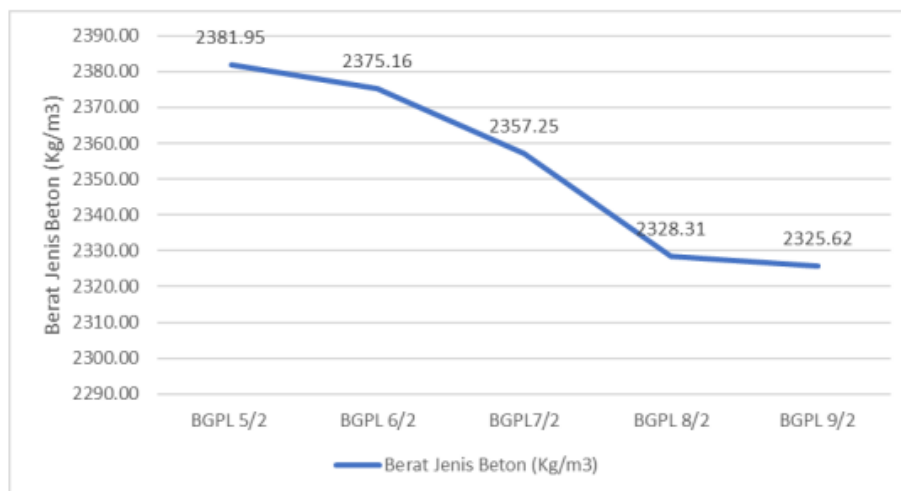


Gambar 3. Hasil pengujian slump beton dengan penambahan tetes tebu

Sumber : Hasil Olah Data (2022)

3.3. Berat Jenis

Beton dengan perbandingan aktivator memiliki berat jenis tertinggi sebesar 2381.95 Kg/m³ pada variasi BGPL 5/2, dan berat jenis terendah pada variasi BGPL 9/2 sebesar 2325.62 Kg/m³. Berat jenis beton dengan perbandingan aktivator Na₂SiO₃ dan NaOH secara berturut-turut memiliki nilai berat jenis sebesar 2381.95 Kg/m³, 2375.16 Kg/m³, 2357.25 Kg/m³, 2328.31 Kg/m³, 2325.62 Kg/m³. Berat jenis beton dengan perbandingan aktivator Na₂SiO₃ dan NaOH selalu menurun pada tiap variasi. Beton normal memiliki berat isi 2200 Kg/m³ sampai dengan 2500 Kg/m³ menurut SNI 7656-2012. Berdasarkan hasil pengujian berat jenis beton dapat disimpulkan bahwa beton geopolimer masuk pada kategori beton normal.



Gambar 4. Hasil pengujian berat jenis beton dengan perbandingan aktivator Na₂SiO₃ dan NaOH

Sumber : Hasil Olah Data (2022)0

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, analisis dan perhitungan yang dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Penambahan pada variasi aktivator tidak berpengaruh pada kuat tekan beton, bisa terjadi penurunan disebabkan oleh perbandingan yang kurang sempurna pada ikatan antar monomer pada $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$. Beton dengan variasi aktivator 5/2, 6/2, 7/2, 8/2, 9/2 dari $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ memperoleh nilai kuat tekan secara berturut-turut sebesar 42.71 MPa, 35.93 MPa, 33.27 MPa, 28.91 MPa, dan 27.69 MPa.
- b. Untuk nilai slump dilihat dari peningkatan tiap variasi dapat disimpulkan semakin besar perbandingan antara Na_2SiO_3 dan NaOH semakin bertambah nilai slump pada beton geopolimer.
- c. Beton dengan variasi 5/2 dari $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ memiliki nilai kuat tekan tertinggi dengan nilai kuat tekan sebesar 31.37 MPa.

REFERENSI

- Amin, M., & User, S. (2017). Pembuatan semen geopolimer ramah lingkungan berbahan baku mineral basal guna menuju lampung sejahtera. *Inovasi Pembangunan: Jurnal Kelitbangan*, 5(01), 30-45.
- Budiningrum, D. S., Kustirini, A., Purnijanto, B., Mahasukma, D., & Utama, T. Y. (2021). Studi Experimental Kuat Tekan Beton Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash Pltu Tanjungjati B Jepara. *Bangun Rekaprima: Majalah Ilmiah Pengembangan Rekayasa, Sosial dan Humaniora*, 7(2, Oktober), 55-61.
- Davidovits, J. (1994, October). Properties of geopolymer cements. *In First international conference on alkaline cements and concretes* (Vol. 1, pp. 131-149).
- Deanova, F. A. A. (2020). TA: Kajian Pemanfaatan Fly Ash Sebagai Pengganti Semen Pada Beton Geopolimer (*Doctoral dissertation, Institut Teknologi Nasional Bandung*).
- Gandina, N. L., & Setiyarto, Y. D. (2020). Studi Eksperimental Beton Geopolimer Dengan Memanfaatkan Fly Ash Sebagai Pengganti Semen Dan Serat Mat Sebagai Aditif. *CRANE: Civil Engineering Research Journal*, 1(1).
- HA, A. D. P. (2020). Perbandingan Zat Additive Polycarboxylate Dengan Superplasticizer Terhadap Campuran Beton Mutu K-400 28 Hari. *TEKNIKA: Jurnal Teknik*, 7(2), 186-194.
- Hardjito, D., Wallah, S. E., Sumajouw, D. M., & Rangan, B. V. (2004). On the development of fly ash-based geopolymer concrete. *Materials Journal*, 101(6), 467-472.

- Kaselle, H., & Ruga, S. (2021). Karakteristik Mortar Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash dan Bottom Ash. *In Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M)* (Vol. 6, No. 1, pp. 66-71).
- Maryoto, A. (2008). Pengaruh penggunaan high volume fly ash pada kuat tekan mortar. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, 10(2), 103-114.
- Manuahe, R., Sumajouw, M. D., & Windah, R. S. (2014). Kuat tekan beton geopolimer berbahan dasar abu terbang (fly ash). *Jurnal Sipil Statik*, 2(6).
- Oktaviastuti, B., Pandulu, G. D., & Lusyana, E. (2021). Kuat Tekan Beton Geopolymer Berbahan Dasar Abu Terbang (Fly Ash) Sebagai Alternatif Perkerasan Kaku di Daerah Pesisir. *Reka Buana: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, 6(1), 78-87.
- Saputra, M. (2022). Pengaruh Campuran Variasi Kehalusan Bottom Ash Sebagai Filler Terhadap Karakteristik Marshall Aspal Beton Lapisan Wearing Course (*Doctoral dissertation, Universitas Bina Darma*).