



VARIASI MOLARITAS NaOH DAN ALKALI AKTIVATOR BETON GEOPOLIMER

Mira Setiawati*, R. A. Sri Martini, Rully Nurulita

Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang

Jl. Jendral A. Yani 13 Ulu Palembang Sumatera Selatan, Indonesia

*Corresponding Author, Email: mira_setiawati@um-palembang.ac.id

ABSTRAK

Semen sebagai bahan pembentuk beton menghasilkan gas CO_2 yang dapat merusak atmosfer bumi. Oleh karena itu beton geopolimer yang ramah lingkungan menjadi pilihan. Bahan utama pembuatan beton ini adalah material pozzolan yang kaya akan Silika (SiO_3) dan Alumina (Al_2O_3) sebagai pengganti semen dan alkali activator berupa Sodium Hydroxide (NaOH) dan (Na_2SiO_3) sebagai pengikat. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan variasi campuran untuk kuat tekan tertinggi. Perbandingan fly ash tipe F dan alkali activator yaitu 74%:26%. Molaritas NaOH yang digunakan adalah 10M, 12M, 14M, perbandingan Na_2SiO_3 dan NaOH adalah 2,5:1; 3.0:1; 3.5:1. Benda uji yang silinder ukuran 15cm x 30cm dan pengujian kuat tekan pada umur 28 hari. Hasil pengujian dengan perbandingan NaOH dan Na_2SiO_3 2,5:1 pada NaOH 10M, 12M, 14M adalah 25,81 Mpa, 27,00 Mpa, 28,98 Mpa. Sedangkan karakteristik tekannya adalah 24,32 Mpa, 24,67 Mpa, 26,58 Mpa. Hasil pengujian menunjukkan bahwa rasio molaritas dan alkali aktivator sangat mempengaruhi kuat tekan dan workability beton geopolimer. Molaritas yang tinggi akan menghasilkan kuat tekan yang tinggi. Sedangkan semakin tinggi rasio alkali activator maka semakin rendah kuat tekan yang dihasilkan.

Kata Kunci: Geopolimer, Molaritas, Alkali Aktivator, Kkuat Tekan.

ABSTRACT

Cement as a building material for concrete produces CO_2 which can damage the earth's atmosphere. Therefore, environmentally friendly geopolymer concrete is the choice. The main ingredients for making this concrete are pozzolanic materials which are rich in Silica (SiO_3) and Alumina (Al_2O_3) as a substitute for cement and alkali activator in the form of Sodium Hydroxide (NaOH) and (Na_2SiO_3) as binders. This study aims to determine the variation of the mixture for the highest compressive strength. The ratio of fly ash type F and alkali activator is 74%:26%. The molarity of NaOH used was 10M, 12M, 14M, the ratio of Na_2SiO_3 and NaOH was 2.5:1; 3.0:1; 3.5:1. The test object is cylindrical size 15cm x 30cm and the compressive strength test is 28 days old. The test results with the ratio of NaOH and Na_2SiO_3 2.5:1 at 10M, 12M, 14M NaOH are 25.81 Mpa, 27.00 MPa, 28.98 MPa. While the compressive characteristics are 24.32 Mpa, 24.67 Mpa, 26.58 Mpa. The test results show that the ratio of molarity and alkali activator greatly affects the compressive strength and workability of geopolymer concrete. High molarity will produce high compressive strength. Meanwhile, the higher the alkali activator ratio, the lower the compressive strength produced.

Keywords : Geopolymer, Molarity, Alkali Activator, Compressive Strength.

PENDAHULUAN

Semen sebagai salah satu bahan pembentuk beton dalam produksinya menghasilkan gas karbondioksida (CO_2) yang setara dengan produksi semen. Menurut Chatman House sekitar 8% CO_2 di dunia dihasilkan oleh produksi semen. Diperlukan bahan alternatif pengganti semen menghasilkan beton ramah lingkungan. Material geopolimer digunakan sebagai bahan pembentuk beton (Budh dan Warhade, 2014). 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

ilmuan Prancis. Abu terbang merupakan salah satu bahan yang digunakan untuk membuat beton geopolimer karena pada abu terbang terkandung unsur kimia Si dan Al. (Salain, dkk, 2021). Sehingga beton geopolimer dapat terbentuk tanpa menggunakan semen portland. Pasta geopolimer mengikat agregat kasar, agregat halus dan material lainnya yang menjadi bahan penyusun untuk membentuk beton geopolimer. Seperti pada beton konvensional, agregat menempati 75-80% komposisi material pada beton geopolimer. Silika dan alumina pada fly ash yang rendah kalsiumakan diaktifkan oleh kombinasi larutan sodium hidroksida dan sodium silikat untuk membentuk pasta geopolimer yang mengikat agregat dan bahan lainnya yang tidak bereaksi (Syaputra, dkk, 2018)

Beton geopolimer menggunakan material pozzolan yang mengandung banyak unsur Alumina (Al_2O_3) dan Silika (SiO_2) seperti *fly ash* (abu terbang) sebagai pengganti semen. Material tersebut dicampur dengan larutan alkali aktivator berupa Natrium Hidroksida (NaOH) dan natrium silikat (Na_2SiO_3) pada rasio tertentu. Rasio alkali aktivator minimum pada beton geopolimer adalah 0,4 (Hardjito, dkk 2004). Beberapa hal yang mempengaruhi kuat beton polimer diantaranya jenis material pozzolan yang digunakan, rasio alkali aktivator ($Na_2SiO_3 : NaOH$), rasio alkali aktivator dan material pozzolan serta Molaritas NaOH. Penelitian yang dilakukan oleh Risdanareni., dkk (2014) menggunakan *fly ash* Jawa Power Paiton dengan variasi NaOH 8 molaritas (8M) dan 10M, rasio Na_2SiO_3 dan NaOH 1 : 2, 1 : 1, 1.5 : 1, 2 : 1, 2.5 : 1 dengan rasio *fly ash* dan alkali aktivator 74% : 26%. Molaritas NaOH yang tinggi menghasilkan kuat tekan yang tinggi, dan Perbandingan Na_2SiO_3 dan NaOH kurang mempengaruhi kuat tekan. Kuat tekan optimum pada NaOH 8M terdapat pada rasio NaOH dan Na_2SiO_3 2:1, sedangkan pada NaOH 10M terdapat pada rasio Na_2SiO_3 dan NaOH 2.5:1.

Molaritas NaOH yang digunakan pada sebesar 10M, 12M, dan 14M dengan rasio alkali aktivator ($Na_2SiO_3 : NaOH$) 2.5 : 1, 3 : 1, 3.5 : 1, rasio *fly ash* dan alkali aktivator 74% : 26%. *Fly ash* yang digunakan didapat dari PT. Pupuk Sriwidjaja.

Beton Geopolimer

Bahan anorganik yang kaya akan silika (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3) yang bereaksi dengan alkali aktivator menjadi material bersifat seperti semen disebut sebagai geopolimer. Turner & Collins (2013) menyebutkan bahwa beton geopolimer adalah beton yang dibuat tanpa semen tetapi menggunakan silika (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3) dengan alkali aktivator yang berfungsi sebagai bahan pengikat.

Material Geopolimer

- 1) *Fly ash*, merupakan limbah hasil pembakaran batubara pada tungku pembangkit listrik tenaga uap (SNI 03-6414-2002 dalam Kusuma & Mina, 2017). Selain kerapatan, kehalusan, area permukaan dan distribusi partikel mempengaruhi karakteristik *fly ash*. Karakteristik *fly ash* dipengaruhi oleh komposisi kimia, jenis mineral dan fasa amorf di *fly ash* (Ekaputri dan Triwulan, 2013). Berdasarkan ASTM C 618 ada dua tipe *fly ash* yaitu *fly ash* tipe C dan *fly ash* tipe F.
- 2) Alkali Aktivator, berfungsi sebagai larutan pengikat pada pembuatan beton geopolimer. Na_2SiO_3 (Natrium Silikat) dan NaOH (Natrium Hidroksida) digunakan sebagai larutan (Hardjito, dkk, 2004). Rasio alkali aktivator Na_2SiO_3 dan NaOH sangat berpengaruh terhadap kuat tekan beton geopolimer, tetapi semakin tinggi perbandingan

rasio Na₂SiO₃ dan NaOH tidak selalu menghasilkan kuat tekan yang tinggi (Ekaputri dan Triwulan 2013). Terdiri (a) NaOH (Natrium Hidroksida) yang berfungsi sebagai pereaksi Aluminium (Al) dan Silikon (Si) pada *fly ash* dengan menambah ion Na⁺. NaOH biasa ditemukan dalam bentuk padat. Senyawa ini bersifat higroskopis yaitu mampu menyerap air yang terkandung di udara sehingga NaOH dapat meleleh (b) Na₂SiO₃ (Natrium Silikat / water glass) berfungsi untuk mempercepat terjadinya proses polimerisasi (Kasyanto, 2012) dan juga berfungsi untuk meningkatkan kekuatan pasta dan sebagai perekat antar material hingga membentuk pasta yang padat.(Anggriawan, dkk 2015).

Molaritas

Banyaknya mol zat terlarut di dalam satu liter larutan disebut molaritas. Volume satu liter yang dimaksud adalah jumlah volume zat terlarut dan zat pelarutnya (Sudarmo, 2013). Molaritas dapat dirumuskan

$$M = \frac{\text{Massa Molekul}}{Mr} \times \frac{1000}{V} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan : M (molaritas / m), Mr (massa molekul relative) dan V (Volume larutan /ml)

Uji Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji hancur bila dibebani gaya tekan tertentu dari alat uji kuat (SNI 03-1974-1990). Setelah pengujian beton dilakukan hasil yang didapatkan diolah menggunakan rumus-rumus berikut:

a. Kuat Tekan beton

$$\sigma_{bi} = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2)$$

Dengan : σ_{bi} (kuat tekan beton), P (beban maksimum setiap benda uji) dan A (luas penampang benda uji)

b. Kuat tekan beton rata-rata)

$$\sigma_{bm} = \frac{\sum \sigma_i}{N} \dots\dots\dots(3)$$

Dengan : σ_{bm} (kuat tekan beton rata-rata), $\sum \sigma_{bi}$ (jumlah kuat tekan beton) dan N (jumlah sampel)

c. Standar Deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\sigma_{bi} - \sigma_{bm})^2}{N-1}} \dots\dots\dots(4)$$

Dengan : σ_{bi} (kuat tekan beton), σ_{bm} (kuat tekan beton rata-rata), S (standar deviasi), dan N (jumlah sampel)

d. Kuat tekan beton karakteristik

$$\sigma_{bk} = \sigma_{bm} - k.S \dots\dots\dots(5)$$

Dengan : σ_{bk} (kuat tekan karakteristik), σ_{bm} (kuat tekan rata-rata), k (konstanta) dan S (standar deviasi)

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Universitas Muhammadiyah Palembang, dengan material yang digunakan yaitu (1) NaOH (Natrium Hidroksida), (2) Na_2SiO_3 (Natrium Silikat), (3) *fly ash*, (4) agregat kasar, (5) agregat halus, (6) air. Pada penelitian ini *fly ash* (abu terbang) yang digunakan berasal dari PT Pupuk Sriwidjaja, yang termasuk *fly ash* tipe F, memiliki kandungan CaO yang kurang dari 10%. Jika ditambahkan jumlah SiO_3 , Al_2O_3 dan Fe_2O_3 lebih dari 70%, maka kandungan dari *fly ash* ditampilkan seperti tabel berikut

Tabel 1 Kandungan *Fly ash* (Abu Terbang)

Parameter	Hasil	Metode Uji
SiO_3	60.33 %	ASTM D 3682-13
Al_2O_3	27.05 %	ASTM D 3682-13
Fe_2O_3	5.15 %	ASTM D 3682-13
CaO	2.84 %	ASTM D 3682-13

Sumber : Penelitian P.T Sucofindo

Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian terhadap material yang sebelumnya telah dipersiapkan larutan NaOH yang akan dipakai yang berbentuk padat. Pengujian yang dilakukan yaitu :

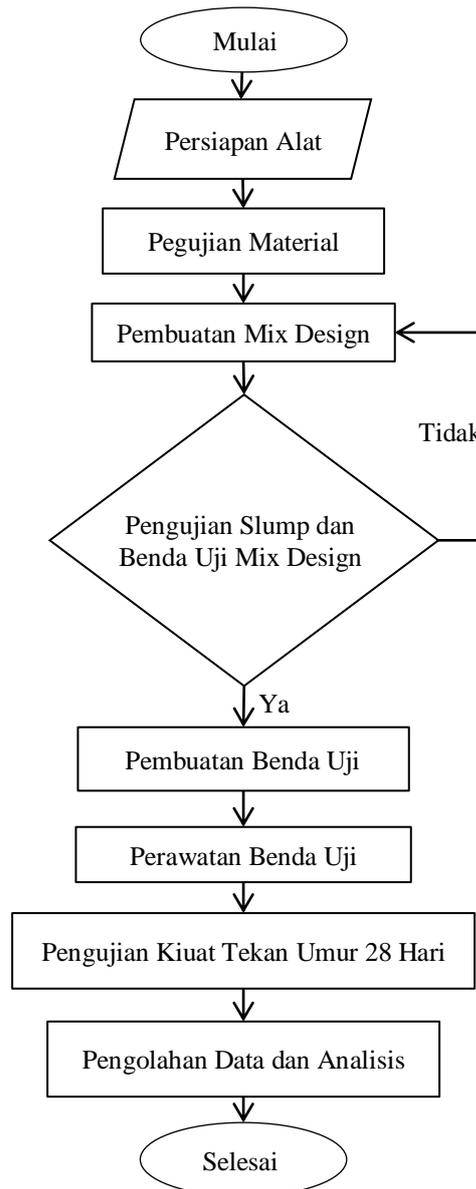
- 1) Analisa Saringan Agregat Halus (SNI 03-1968-1990).
- 2) Berat Jenis SSD dan Penyerapan Agregat Halus (SNI 03-1970-1990)
- 3) Kadar Lumpur Agregat Halus (SNI 03-4141-1996)
- 4) Kadar Air Agregat Halus dan Kasar (SNI 03-1970-1990)
- 5) Analisa Saringan Agregat Kasar (SNI 03-2461-2002)
- 6) Berat Jenis SSD dan Penyerapan Air agregat kasar (SNI 03-1969-1990)
- 7) Keausan angregat kasar (SNI 03-2417-2008)

Menurut Ekaputri dan Triwulan (2013) penggunaan agregat halus dan agregat kasar pada beton geopolimer sama dengan penggunaan agregat pada beton normal, namun dengan sedikit modifikasi pada bindernya. Dalam penelitian digunakan pendekatan metode SNI 03-2834-2000. Penggunaan semen digantikan dengan *fly ash* dan air digantikan dengan larutan alkali aktivator. Molaritas NaOH, rasio Na_2SiO_3 : NaOH dan jumlah benda uji sebagai rencana campuran dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Variasi Rencana Pengujian Beton Geopolimer

Molaritas NaOH	Na_2SiO_3 : NaOH	Jumlah Benda Uji
10M	2.5 : 1	3
	3 : 1	3
	3.5 : 1	3
12M	2.5 : 1	3
	3 : 1	3
	3.5 : 1	3
14M	2.5 : 1	3
	3 : 1	3
	3.5 : 1	3
Total Benda Uji		27

Penelitian yang dilakukan dituang dalam diagram berikut :



Gambar 1 Diagram Penelitian

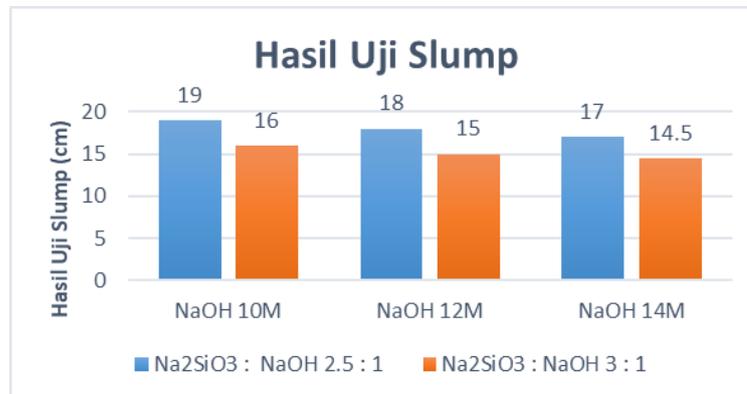
Pembuatan benda uji dilakukan dengan prosedur sebagai berikut :

- 1) Siapkan cetakan yang akan digunakan, lalu olesi cetakan dengan oli agar memudahkan mengeluarkan benda uji dari cetakan.
- 2) Larutan alkali aktivator dibuat dengan melarutkan larutan NaOH dan Na₂SiO₃.
- 3) Agregat kasar dan agregat halus dicampur.
- 4) Setelah itu campurkan dengan fly ash hingga tercampur rata
- 5) Alkali activator dituangkan dan aduk hingga homogen.
- 6) Setelah tercampur rata dilakukan uji slump.
- 7) Beton dimasukkan ke dalam cetakan yang sudah disiapkan.
- 8) Benda uji didiamkan hingga mengeras selama 24 jam.
- 9) Lepaskan benda uji dari cetakan
- 10) Beri tanda untuk setiap benda uji

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Slump

Tingkat kelecakan atau tingkat *workability* beton didapat melalui uji slump. Gambar 2 menampilkan grafik hasil uji slump.



Gambar 2. Grafik Hasil Uji Slump

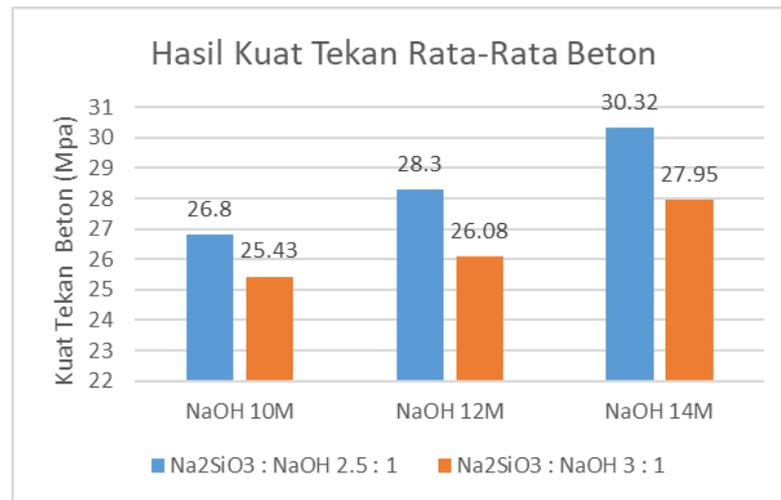
Hasil *slump test* beton geopolimer sangat dipengaruhi oleh Molaritas NaOH, rasio Na₂SiO₃ dan NaOH. Pada Gambar 2 dilihat bahwa semakin tinggi molaritas NaOH, rasio Na₂SiO₃ dan NaOH maka semakin kecil nilai slumpnya. Meskipun tingkat kelecakan beton geopolimer rendah, namun nilai slump nya lebih besar dibandingkan dengan nilai beton normal. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya, beton geopolimer menggunakan larutan NaOH dan larutan Na₂SiO₃ dimana semakin besar Molaritas NaOH maka semakin pekat larutannya dan semakin banyak larutan Na₂SiO₃ yang digunakan maka semakin kental pula larutan alkali aktivator.. Pada gambar 3, Variasi rasio Na₂SiO₃ dan NaOH sebesar 3.5 : 1 menghasilkan larutan alkali aktivator yang sangat kental, lengket dan memiliki daya ikat yang kuat sehingga adukan beton nya sangat sulit untuk homogen. Maka dari itu variasi Na₂SiO₃ tidak dilanjutkan ke tahap pengujian slump dan kuat tekan.



Gambar 3 Adukan Beton Rasio Na₂SiO₃ dan NaOH 3.5 : 1

Hasil Pengujian Kuat Tekan Rata-Rata

Pada gambar 4 didapatkan bahwa semakin besar Molaritas NaOH maka semakin besar pula kuat tekan rata-rata beton geopolimer dan sebaliknya semakin besar rasio Na₂SiO₃ dan NaOH menyebabkan kuat tekan beton geopolimer menurun.

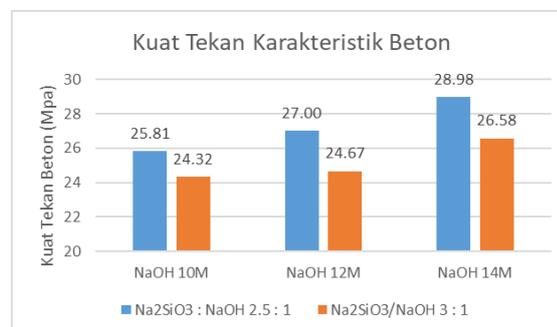


Gambar 4 Kuat tekan rata-rata

Kuat tekan rata-rata maksimum beton geopolimer berada pada variasi Molaritas NaOH 14M dengan rasio Na_2SiO_3 dan NaOH 2.5 : 1 sebesar 30.25 Mpa. Sedangkan kuat tekan rata-rata minimum berada pada variasi Molaritas NaOH 10M dengan rasio Na_2SiO_3 dan NaOH 3.0 : 1 sebesar 25.43 Mpa.

Hasil Perhitungan Kuat Tekan Karakteristik Beton

Hasil perhitungan kuat tekan beton karakteristik menggunakan rumus 5 dapat dilihat hasilnya pada Gambar 5 berikut:



Gambar 5 Grafik Kuat Tekan Karakteristik Beton

Berdasarkan gambar 5 nilai kuat tekan karakteristik beton geopolimer tertinggi adalah 28.98 Mpa pada variasi Molaritas 14M dengan rasio Na_2SiO_3 dan NaOH 2.5 : 1. Nilai kuat tekan tersebut dipengaruhi oleh Molaritas NaOH, rasio Na_2SiO_3 dan NaOH. Dimana semakin besar Molaritas NaOH maka semakin tinggi kuat tekan karakteristiknya. Sedangkan semakin besar rasio Na_2SiO_3 dan NaOH menyebabkan kuat tekan karakteristik beton menurun.

Pembahasan

Penelitian pembuatan beton geopolimer ini menggunakan pendekatan perencanaan beton normal mutu 25 MPa dengan sedikit modifikasi pada bagian bindernya yaitu menggunakan rasio *fly ash* dan alkali aktovator sebesar 74% : 26%. Sedangkan untuk

kebutuhan agregat kasar dan agregat halus sama dengan beton normal pada umumnya. Larutan alkali aktivator yang terdiri dari larutan NaOH dan larutan Na_2SiO_3 sangat berpengaruh pada kuat tekan beton geopolimer dan *workability*-nya. Larutan ini harus dikombinasikan dikarenakan NaOH menghasilkan ikatan yang kurang kuat tetapi menjadikan ikatan yang lebih padat dan tidak terjadi keretakan, sedangkan Na_2SiO_3 menghasilkan ikatan yang kuat namun rentan terjadi retakan, maka dari itu rasio dari Na_2SiO_3 dan NaOH harus sangat diperhatikan. Jika terlalu banyak larutan NaOH maka beton yang dihasilkan tidak struktural karena memiliki ikatan yang tidak terlalu kuat, sedangkan jika larutan Na_2SiO_3 yang terlalu banyak maka menghasilkan beton segar dengan *workability* yang rendah dikarenakan sifat larutan tersebut menghasilkan ikatan yang sangat kuat.

Penelitian ini menunjukkan hasil dimana semakin besarnya Molaritas NaOH maka kuat tekan beton geopolimer bertambah. Sedangkan semakin besarnya rasio Na_2SiO_3 dan NaOH membuat kuat tekan beton geopolimer menurun dan membuat *workability* beton geopolimer segar semakin rendah. Pada rasio Na_2SiO_3 dan NaOH 3.5 : 1 adukan sangat sulit dikerjakan dikarenakan larutan Na_2SiO_3 dalam jumlah yang terlalu banyak dapat menghasilkan larutan alkali aktivator yang sangat kental lengket dan memiliki daya ikat yang sangat kuat. Nilai slump beton geopolimer berbeda dengan beton normal. Nilai slump pada beton geopolimer lebih besar dibandingkan beton normal. Namun, *workability* beton geopolimer lebih rendah dibandingkan beton normal. Variasi terbaik pada campuran ini adalah beton geopolimer dengan NaOH 14M pada rasio Na_2SiO_3 dan NaOH 2.5 : 1.

KESIMPULAN

Setelah dilakukan analisa terhadap hasil yang diperoleh maka dapat disimpulkan, kuat tekan beton yang ditinggi dipengaruhi oleh molaritas. Sedangkan semakin tinggi rasio Na_2SiO_3 dan NaOH yang digunakan membuat kuat tekan beton berkurang dan *workability* beton berkurang. Variasi rasio Na_2SiO_3 dan NaOH 3.5 : 1 adukan beton sangat sulit untuk dikerjakan sehingga tidak dilakukan pengujian slump dan kuat tekan. Variasi terbaik pada penelitian ini adalah beton geopolimer dengan NaOH 14M pada rasio Na_2SiO_3 dan NaOH 2.5:1 dengan nilai kuat tekan karakteristik sebesar 28.98 Mpa.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggriawan, A., Saputra, E., & Olivia, M. (2015). *Penyisihan Kadar Logam Fe Dan Mn Pada Air Gambut Dengan Pemanfaatan Geopolimer Dari Kaolin Sebagai Adsorben* (Doctoral dissertation, Riau University).
- Budh, C. D., & Warhade, N. R. (2014). *Effect Of Molarity On Compressive Strength Of Geopolymer Mortar*. International journal of civil engineering research, 5(1), 83-86.
- Ekaputri, J. J., & Triwulan, T. (2013). *Sodium Sebagai Aktivator Fly Ash, Trass Dan Lumpur Sidoarjo Dalam Beton Geopolimer*. Jurnal Teknik Sipil ITB, 20(1), 1-10.

- Hardjito, D., Wallah, S. E., Sumajouw, D. M., & Rangan, B. V. (2004). *Factors Influencing The Compressive Strength Of Fly Ash-Based Geopolymer Concrete*. *Civil engineering dimension*, 6(2), 88-93.
- Kasyanto, H. (2012, July). *Tinjauan Kuat Tekan Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash Dengan Aktivator Sodium Hidroksida Dan Sodium Silikat*. In *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar (Vol. 3, pp. 254-259)*.
- Kusuma, R. I., & Mina, E. (2017). *Stabilisasi Tanah dengan Menggunakan Fly Ash Dan Pengaruhnya Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas (Studi Kasus Jalan Raya Bojonegara, Kab. Serang)*. *Fondasi: Jurnal Teknik Sipil*, 5(1).
- Risdanareni, P., Triwulan, Ekaputri, J.Jaya. (2014). *Pengaruh Molaritas Aktivator Alkalin Terhadap Kuat Mekanik Beton Geopolimer dengan Trass Sebagai Pengisi*. (<https://www.researchgate.net/profile/Januarti-Ekaputri/publication/275152885>)
- Salain, I. M. A. K., Wiryasa, M. N. A., & Pamungkas, I. N. M. M. A. (2021). *Kuat Tekan Beton Geopolimer Menggunakan Abu Terbang*. *Jurnal Spektran*, 9(1), 76-84
- SNI 03-1974-1990. *Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta
- Sudarmo, U. (2013). *Kimia*. Penerbit Erlangga.
- Syaputra, D. A., Nugroho, F. R., Lie, H. A., & Purwanto, P. (2018). *Studi Experimental Pengaruh Perbedaan Molaritas Aktivator Pada Perilaku Beton Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash*. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 7(1), 89-98.
- Turner, L. K., & Collins, F. G. (2013). *Carbon Dioxide Equivalent (CO₂-E) Emissions: A Comparison Between Geopolymer And OPC Cement Concrete*. *Construction and building materials*, 43, 125-130.



Jurnal Deformasi is licensed under
a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License