

ANALISA PERBANDINGAN BETON GEOPOLYMER DAN BETON NORMAL TERHADAP KUAT TEKAN MUTU BETON K-350

Delli Noviarti Rachman^{1*}, RR. Susi Riwayati² dan Siti Rohayati³

¹ Prodi Ilmu Teknik, Universitas Sriwijaya, Palembang

² Teknik Sipil, Universitas Tamansiswa, Palembang

³ Teknik Sipil, Universitas Tamansiswa, Palembang

Corresponding author: delli_noviarti@unitaspalembang.ac.id

ABSTRAK: Penggunaan semen pada campuran beton merupakan hal yang sangat umum terjadi. Sebenarnya banyak dampak buruk penggunaan semen bagi lingkungan. Salah satunya adalah mengakibatkan banyaknya pelepasan gas CO₂ ke udara. Hal ini tentu menjadi permasalahan bagi pemerhati lingkungan. Untuk itu para peneliti mencari bahan lain pengganti semen sebagai campuran beton, yang dinamakan geopolimer. Beton geopolimer merupakan beton yang dibuat tanpa menggunakan semen sama sekali. Beton dibuat dengan campuran *fly ash* sebagai pengganti penggunaan material semen, agregat halus, agregat kasar dan air. Sedangkan sebagai katalisatornya digunakan NaOH : Na₂SiO₃ dengan perbandingan tertentu. Pada penelitian ini digunakan perbandingan katalisatornya yaitu 1:2, 1:3 dan 2:5. Fly ash yang digunakan pada penelitian ini adalah sisa pembakaran dari PT. PUSRI Palembang. Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium, maka didapatkan hasil bahwa beton geopolimer dengan campuran katalisator NaOH : Na₂SiO₃ yaitu 2:5 adalah yang memiliki nilai kuat tekan terbesar yaitu mencapai 352,8 Kg/Cm² pada umur 28 hari. Maka dapat disimpulkan bahwa penambahan Larutan Natrium Silikat (Na₂SiO₃) dan Natrium hidroksida (NaOH) Terhadap Beton Geopolimer sangat berpengaruh terhadap kuat tekan beton geopolimer. Diharapkan dengan banyaknya penggunaan fly ash sebagai pengganti semen akan mengurangi dampak kerusakan pada lingkungan.

Kata Kunci: Beton geopolimer, fly ash, activator

ABSTRACT: The use of cement in concrete mixtures is a very common thing. Actually, there are many bad effects of using cement for the environment. One of them is resulting in the release of CO₂ gas into the air. This is certainly a problem for environmentalists. For this reason, researchers are looking for other materials to replace cement as a concrete mixture, called geopolymers. Geopolymer concrete is concrete that is made without the use of cement at all. Concrete is made with a mixture of fly ash as a substitute for the use of cement, fine aggregate, coarse aggregate and water. Meanwhile, NaOH: Na₂SiO₃ is used as a catalyst in a certain ratio. In this study, the ratio of the catalysts used is 1:2, 1:3 and 2:5. Fly ash used in this study is the combustion residue from PT. PUSRI Palembang. Based on the results of testing in the laboratory, it was found that geopolymer concrete with a catalyst mixture of NaOH: Na₂SiO₃ which is 2:5 is the one that has the greatest compressive strength value, reaching 352.8 Kg/Cm² at the age of 28 days. So it can be concluded that the addition of sodium silicate solution (Na₂SiO₃) and sodium hydroxide (NaOH) to geopolymer concrete greatly affects the compressive strength of geopolymer concrete. It is hoped that the use of fly ash as a substitute for cement will reduce the impact of damage on the environment.

Keywords: Geopolymer concrete, fly ash, activator

PENDAHULUAN

Beton merupakan salah satu bahan struktur yang sering digunakan, karena mempunyai sifat yang keras yang dapat menahan kuat tekan yang tinggi. Beton sendiri terdiri atas agregat halus (pasir), agregat kasar (koral/split), dan semen. Namun semakin ke sini maka semakin banyak penelitian yang menyatakan bahwa

penggunaan material semen memiliki kerugian ekologis yang tinggi. Penggunaan semen memang memiliki banyak kelemahan alami. Mulai dari jalan menuju pengambilan material, yang digali berton-ton pegunungan kapur. Davidovits (1994) menyatakan bahwa ukuran pembuatan beton menghasilkan aliran keluar CO₂ dalam jumlah yang sesuai dengan ukuran beton yang dikirim. Pada akhirnya, membuat 1 ton beton identik dengan

mengirimkan 1 ton CO₂ ke udara. Bagaimanapun, ketika digunakan dalam campuran beton, semen menghasilkan banyak gas karbon dioksida. (Mayssara A. Abo Hassanin Supervised, 2014; Nation, 2001; Teknik and Makassar, 2007)

Pabrik – pabrik masih menggunakan batubara dalam pengoperasiannya. Dampak dari operasional pembakaran batu bara tersebut adalah adanya *fly ash* atau debu terbang hasil pembakaran batu bara. Debu terbang tersebut menumpuk dan membuat puing – puing *fly ash* yang mengandung zat sintesis silika dan alumina, yang menyebabkannya memiliki sifat pozzolan seperti semen. Siklus pembakaran tidak ideal, seperti halnya sifat batubara yang digunakan akan sangat mempengaruhi pembuatan zat yang terkandung, sehingga mempengaruhi sifat dan atribut dari *fly ash*.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton geopolimer dengan bahan *fly ash* dan alkali activator dengan variasi campuran NaOH : Na₂SiO₃ sebanyak 1:2, 1:3 dan 2:5 yang setara dengan mutu beton normal K.350 di usia 28 hari.

Manfaat dari penelitian ini diharapkan ke depannya penggunaan material *fly ash* bisa umum digunakan sebagai pengganti material semen untuk mengurangi kerusakan lingkungan.

LANDASAN TEORI

Beberapa penelitian terdahulu telah membahas mengenai penggunaan material *fly ash*. Mira Setiawati (2018) telah melaksanakan penelitian dengan menggunakan 96 buah beda uji dan didapatkan bahwa penggunaan 12,5% *fly ash* akan memiliki kuat tekan maksimum yaitu 404,03 Kg/cm². Selain itu Rochman (2006) juga melakukan penelitian dengan menambahkan *microsilica* dan *fly ash* dalam campuran beton dan didapatkan kuat tekan maksimum sebesar 69,74 Mpa. Pujianto (2010) mencampurkan *superplasticizer* 2% dan *fly ash* 12% dan didapatkan kuat tekan 57,11 Mpa. Sebayang (2006) menggunakan *fly ash* 20% dari berat semen type V dan didapatkan kuat tekan maksimum 55,275 pada umur beton 56 hari.

Beton kualitas tinggi bisa diperoleh dengan peningkatkan porositas beton. Sifat porositas beton dipengaruhi oleh gradasi hasil akumulasi serta kehalusan unsur semen. Keterbatasan tingkatan kehalusan biji semen jadi kasus penting dalam menciptakan beton kualitas tinggi, bila ditinjau dari perspektif porositas. Guna menanggulangi hal ini, bermacam riset dicoba guna mencari opsi lain pemakaian semen sebagai material pembuat beton. Material - material yang dicoba mempunyai sifat kimia yang serupa dengan semen. Beton seperti ini dinamakan beton geopolimer. Beton geopolimer adalah jenis beton yang tidak menggunakan

semen sama sekali. Salah satu bahan pengganti semen adalah *fly ash*.

Penggunaan material *fly ash* selaku bahan dasar pembuat beton pengganti semen didasari pada sifat material ini yang mempunyai kesamaan dengan sifat semen. Kesamaan sifat ini bisa ditinjau dari 2 sifat penting, ialah sifat fisik serta kimia. Dengan cara fisik, material *fly ash* mempunyai kesamaan dengan semen dalam hal kehalusan butir- butirnya. Menurut ACI Committee 226, *fly ash* memiliki butiran yang cukup halus, yakni lolos saringan Nomor. 325 (45 mili micron) 5- 27% dengan specific gravity antara 2, 15- 2, 6 serta bercorak abu- abu kehitaman. Sifat kimia yang dimiliki oleh *fly ash* berbentuk silika serta alumina dengan presentase mencapai 80%. Terdapatnya kesamaan sifat- sifat ini membuat *fly ash* sebagai material pengganti guna mengurangi jumlah semen selaku material pembuat beton mutu tinggi. (Setiawati, 2018)

Beberapa riset sudah mencatat akibat pemakaian *fly ash* pada beton. *Fly ash* selaku pengganti semen berakibat positif pada daya tahan serta workability beton. Pemakaian *fly ash* menaikkan kemampuan kerja beton, sedangkan laju perkembangan kekuatan dipengaruhi oleh aspek air semen (*w/c ratio*) serta persentase *fly ash* dalam kombinasi beton. Tidak hanya itu, *fly ash* beton bisa kurangi menyusut pengeringan pada beton dengan kategori yang sama bila rasio air serta pengikat (*water- to- binder ratio*) disetarakan. penggunaan *fly ash* selaku bahan pengganti semen bisa kurangi emisi CO₂ dari pembuatan semen, sehingga memberikan sumbangsih dalam mensupport penciptaan pembangunan yang berkepanjangan. (Arifi, 2015)

Berdasarkan ACI Manual of concrete Practice 1993 (Part I 226.3R-3), *Fly Ash* dapat dibedakan menjadi 3 jenis:

- Kelas C (disebut juga high-calcium *fly ash* karena mengandung CaO yang cukup tinggi, sehingga memiliki sifat cementious dan juga pozzolanic).

Kelas F (tidak memiliki sifat cementious karena mengandung kalsium yang rendah atau sering disebut low-calcium *fly ash*, dan hanya bersifat pozzolanic)

Kelas N (hampir sama dengan kelas C). Kategori tersebut disajikan pada Tabel 1 (Meila et al., 1994)

Tabel 1. Persyaratan Kandungan Kimia *Fly Ash*

Senyawa	Kelas campuran mineral		
	F	N	C
SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ , min, %	70	70	50
SO ₃ , maks, %	4	5	5
Moisture content, maks, %	3	3	3
Loss of ignition, maks, %	10	6	6
Alkali, Na ₂ O, maks, %	1,5	1,5	1,5

Sedangkan persyaratan fisika fly ash adalah sebagai berikut :

Tabel2. Persyaratan Fisika Fly Ash

Persyaratan Fisika	Kelas campuran mineral		
	F	N	C
- Jumlah yang tertahan : ayakan 45 µm (no.325), maks, %	34	34	34
- Indeks aktifitas kekuatan : Dengan semen, umur 7 hari, min, %	75	75	75
Dengan semen, umur 28 hari, min, %	75	75	75
-Kebutuhan air, maks, %	115	105	105
- Autoclave ekspansi atau contraction, maks, %	0,8	0,8	0,8
- Density, maks variasi dari, rata – rata	5	5	5
-% persen tertahan ayakan 45 µm, maks variasi, % dari rata - rata	5	5	5

Beton geopolimer ini dibentuk dari respon kompon bukan dari respon hidrasi seperti pada semen standar. Dalam perakitan beton geopolimer, diperlukan penggerak dasar berupa kapasitas untuk mengikat total karena puing-puing terbang tidak dapat mengikat seperti beton. Aktivator yang biasa digunakan adalah natrium hidroksida dan natrium silikat. Kapasitas natrium silikat untuk mempercepat respon polimerisasi, sedangkan kapasitas natrium hidroksida untuk merespon komponen Al dan Si yang terdapat pada pengikat sehingga dapat menciptakan efek polimer padat. Semakin tinggi molaritas yang digunakan, semakin tinggi kekuatan tekan dan kekuatan perpisahan yang diberikan.(Sugiharto et al., 2001)

Fly ash yang digunakan sebagai pengganti sebagian adalah Portland blast- furnace slag semen. Sifat dari fly ash jenis ini diberikan dalam Tabel3.

Tabel3. Sifat-sifat fly ash

Parameter	Nilai
SiO ₂	56,6%
Hygroscopic moisture	0,2%
Ig. Loss	1,2%
Density	2,36 gr/cm ³
Residu on sieve of 45 µm	3%
Spesific surface	4190 cm ² /g
Percent low	106 %
Activity index (at 28 day)	92%
Activity index (at 91 day)	105%
Methylene blue absorption	0,22 mg/g

Beberapa manfaat beton geopolimer dibandingkan dengan beton dengan bahan semen tradisional, antara lain:

- a. Hemat energi dan tidak merusak lingkungan serta iklim,

- b. Penyusutan volume yang lebih rendah,
- c. Dapat mencapai kekuatan 70% dalam waktu 4 jam,
- d. Beton geopolimer dapat menahan suhu dari 1000° C hingga 1200° C tanpa mengurangi kapasitasnya.

Sifat kimia dari fly ash dipengaruhi oleh kategori batubara yang dibakar, metode penyimpanan, serta pengerjaannya. Pembakaran batu bara lignit dan sub-bituminous menciptakan abu terbang dengan kalsium serta magnesium oksida lebih banyak dari tipe bituminous. Bagian penting fly ash batu bara yaitu silica(SiO₂), alumina (Al₂O₃), besi oksida (Fe₂O₃), kalsium (CaO); serta magnesium, potassium, sodium, titanium, dan sulfur dalam jumlah yang sedikit.

struktur serta Pengelompokan Fly ash bisa dilihat pada bagan selanjutnya:

Tabel4. Komposisi dan Klasifikasi Fly ash

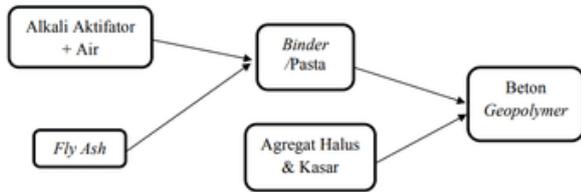
Komponen	Bituminus	Sub-bituminus	Lignit
SiO ₂	20-60	40-60	15-45
AL ₂ O ₃	5-35	20-30	20-25
Fe ₂ O ₃	10-40	4-10	4-15
CaO	1-12	5-30	15-40
MgO	0-5	1-6	3-10
SO ₃	0-4	0-2	0-10
Na ₂ O	0-4	0-2	0-6
K ₂ O	0-3	0-4	0-4
LOI	0-15	0-3	0-5

Fly ash dan PC (Portland Cemen) sama – sama mengandung mengandung kapur, silika, alumina, dan oksida besi. Ke empat unsur ini merupakan unsur-unsur pokok dalam pembentukan beton. Adapun perbandingan sifat kimia antara fly ash dan semen Portland dapat dilihat pada tabel berikut:

Tebel 5 Perbandingan sifat kimia fly ash dan semen Portland

Komponen perbandingan	% rata – rata untuk fly ash	% rata – rata untuk PC
Kapur	1-12	60-65
Silika	20-60	17-25
Aluminium	5-35	3-8
Besi	10-40	0,5-6
Magnesium	0-5	0,5-4
Sulfur	0-4	1-2
Soda	0-7	0,5-1

Secara umum pembentuk beton geopolimer adalah sebagai berikut.



Gambar 1 Konsep Dasar Produksi Beton Geopolimer

Fly ash sebagai pengganti material semen harus diberi air dan alkali aktifator agar dapat menjadi pasta. Alkali aktifator berfungsi untuk mereaksikan kandungan kimia pada *fly ash*, sehingga pasta geopolimer dapat mengikat agregat. Aktivator yang umumnya digunakan adalah Sodium Hidroksida (NaOH) dan Sodium Silikat (Na₂SiO₃). Sodium silikat berfungsi untuk mempercepat reaksi polimerisasi, sedangkan natrium hidroksida berfungsi untuk mereaksikan unsur-unsur Al dan Si yang terkandung dalam pasta, sehingga dapat menghasilkan ikatan polimer yang kuat. (Maryoto, 2009)

METODOLOGI PENELITIAN

Langkah – langkah Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium PT Graha Tekindo Utama di Jl. Soekarno Hatta Palembang. Penelitian ini akan dimulai dari bulan Maret 2021 hingga bulan Mei 2021. Adapun tata cara dan langkah – langkah penelitian yang dilaksanakan adalah sebagai berikut (Badan Standardisasi Indonesia, 2005; kementerian pekerjaan umum dan perumahan rakyat, 2017):

Perencanaan campuran beton berdasarkan SNI 7656-2012 (Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal). Kuat tekan beton yang direncanakan adalah K-400. Benda uji yang digunakan berbentuk kubus dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm. Jumlah benda uji sebanyak 36 sampel, yang terdiri dari 3 sampel untuk tiap persentase, dengan variasi campuran:

1. Beton Normal
2. Beton Geopolimer 1 (Fly Ash 65 % + Alkaline Aktifator 35% dengan perbandingan NaOH : Na₂SiO₃ = 1:2)
3. Beton Geopolimer 2 (Fly Ash 65 % + alkaline aktifator 35% dengan perbandingan NaOH : Na₂SiO₃ = 1:3)
4. Beton Geopolimer 3 (Fly Ash 65% + alkaline aktifator 35% dengan perbandingan NaOH : Na₂SiO₃ = 2:5)

Bahan Penelitian

Pengujian yang dilakukan adalah uji kuat tekan beton. Untuk pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 7, 14 dan 28 hari.

Bahan campuran yang digunakan:

1. Semen yang digunakan adalah semen PCC (Portland Cement Composit) merk Batu Raja
2. Air yang digunakan adalah air yang berasal dari Laboratorium PT Graha Tekindo Utama
3. Agregat kasar berupa batu pecah dari Lahat, Sumatera Selatan
4. Agregat halus berupa pasir alam yang berasal dari Tanjung Raja
5. Fly ash yang digunakan berasal dari sisa pembakaran batubara PT. Pupuk Sriwijaya Palembang
6. Natrium Hidroksida dan Natrium Silikat didapat dari toko kimia.
7. Konsentrasi atau molaritas larutan Hidroksida yang digunakan sebesar 8 M.
8. Proses pembuatan larutan NaOH 8 M menggunakan air berasal dari Laboratorium PT Graha Tekindo Utama.

Tahapan penelitian

Pelaksanaan penelitian dimulai dari pemeriksaan bahan susun hingga pengujian kuat tekan benda uji. Secara garis besar penelitian meliputi :

1. Pemeriksaan bahan susun agregat halus :
Pemeriksaan gradasi agregat halus (pasir), pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus (SSD), Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus, pemeriksaan kadar air agregat halus, Pemeriksaan berat satuan agregat halus (pasir).
2. Pemeriksaan bahan susun agregat kasar :
Pemeriksaan gradasi agregat kasar (split), pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar (SSD), pemeriksaan keausan agregat kasar, Pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar, Pemeriksaan kadar air agregat kasar, dan Pemeriksaan berat satuan agregat kasar.
3. Perencanaan bahan susun beton yang berupa :
air, semen, agregat halus (pasir), agregat kasar (split).
4. Pengambilan benda uji beton segar, Pengujian Slump dan Pembuatan benda uji dan perawatan.
5. Pengujian berat jenis dan kuat tekan benda uji.

Pengujian dilakukan pada saat beton berumur 3,7 dan 28 hari dengan jumlah setiap sampelnya sebanyak sampel kubus 3 x 3 = 9 buah untuk beton normal (BN), 3 x 3 = 9 buah untuk beton campuran 1 (BC-1), 3 x 3 = 9 buah untuk beton campuran 2 (BC-2) dan 3 x 3 = 9 buah untuk beton campuran 3 (BC-3). total benda uji 9 + 9 + 9 + 9 = 36 buah.

JMF

JMF Beton Normal

Adapun yang menjadi campuran dalam beton yang dibuat adalah sebagai berikut :

Untuk beton normal:

Tabel6. Kebutuhan Bahan per 1 M3 Beton Normal K-350

Material	%	Berat (Kg)
Semen	-	420
Agregat halus	40	681,1
Agregat Kasar	60	1.037,8
Air	0,46	193,2

Sedangkan untuk Uji kubus dibutuhkan material sebagai berikut :

Tabel7. Total Kebutuhan Bahan untuk Beton Normal

Material	Berat (Kg) / buah	Berat (Kg)/ 9 buah
Semen	1,2757	14,0327
Agregat halus	2,0689	22,7579
Agregat Kasar	3,5027	34,6764
Air	0,5868	6,4548

JMF Beton Geopolimer

Pada dasarnya pembuatan formula DMF beton Geopolimer diambil dari pendekatan DMF beton Konvensional, hanya saja penggunaan semen diganti dengan Fly Ash 100 % dengan larutan aktivator sebagai pengganti (pengurang) air pada campuran. Prinsip utamanya dalam perencanaan campuran beton geopolimer yaitu penggantian pasta (semen dan air) digantikan dengan (fly ash, alkali aktivator, dan air), sedangkan untuk kebutuhan agra gat kasar dan halus sama seperti agregat beton konvensional.

Tabel6. Material pembentuk mortar per 1 M³

Rasio NaOH : Na ₂ SiO ₂	Fly Ash (kg)	NaOH (Kg)	Na ₂ SiO ₃	Air
1 : 2	398,6	71,53	143,06	178,83
1 : 3	398,6	53,65	160,9	134,1
2 : 5	398,6	61,31	153,3	153,27

Hasil Uji Penelitian

Hasil pengujian Slump

Pengujian dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui nilai kelecakan atau workabilty dari campuran beton segar. Semakin rendah nilai slump maka akan semakin susah untuk diaduk, dituang, diangkut, dan dipadatkan Berikut ini merupakan hasil pengujian slump beton geopolimer:

Tabel7. Hasil Uji Slump

No	Rasio NaOH : Na ₂ SiO ₃	Nilai Slump (Cm)
1	Beton Geopolimer 1 : 2	8
2	Beton Geopolimer 1 : 3	20
3	Beton Geopolimer 2 : 5	62

Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium PT. Graha Tekindo Utama

Berdasarkan tabel 7 terlihat nilai slump tertinggi terdapat pada Beton Geopolimer dengan perbandingan NaOH : Na₂SiO₃ 2 : 5 (BC-3) dimana hasil slump sebesar 62 cm.



Gambar 3. Perhitungan slump untuk beton geopolimer

Hasil Kuat Tekan

Kuat tekan beton dilaksanakakan pada usia beton 7, 14 dan 28 hari. Adapun hasil kuat tekan betonnya, dapat dilihat pada tabel 8 di bawah ini.

Tabel 8. Hasil Kuat Tekan Beton

Jenis Beton	Kuat Tekan (Kg/cm ²)		
	7 hari	14 hari	28 hari
BN	270	349,8	386,1
Ratio 1:2	37	46,1	56,7
Ratio 1:3	127,7	168,5	191,2
Ratio 2:5	247,1	313,6	352,8

Berdasarkan tabel 8 dapat dilihat bahwa kuat tekan rata-rata maksimum terjadi pada beton geopolimer 2 : 5 dengan nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 352,8 Kg/Cm² pada umur 28 hari. Nilai kuat tekan minimum terjadi pada beton geopolimer 1 : 2 dengan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 56,7 Kg/Cm² pada umur 28 hari.

Dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan pembuatan beton geopolimer dengan metode pendekatan menggunakan perencanaan beton konvensional dengan mutu beton K-350 dengan prinsip utamanya dalam perencanaan campuran beton geopolimer yaitu dengan menggantikan pasta (semen dan air) digantikan dengan (fly ash dan NaOH / soda api, Na₂SiO₃ / water glass, dan air) sedangkan untuk kebutuhan agregat sama seperti beton konvensional. Larutan alkali terdiri dari natrium hidroksida dan natrium silikat, perbandingan antara natrium hidroksida dan natrium silikat sangat berpengaruh pada kuat tekan beton geopolimer yang dihasilkan, natrium hidroksida menghasilkan ikatan yang kurang kuat tetapi menjadikan ikatan yang lebih padat dan tidak terjadi keretakan sedangkan natrium silikat menghasilkan ikatan yang sangat kuat namun rentan terjadi retakan. Beton geopolimer dengan perbandingan larutan alkali 2 : 5 memiliki kuat tekan tertinggi sebesar 345,56 Kg/Cm², sedangkan untuk beton geopolimer dengan perbandingan 1 : 2 menghasilkan kuat tekan terendah sebesar 48 Kg/Cm². Oleh sebab itu perbandingan yang ideal antara natrium hidroksida dan natrium silikat adalah 2 : 5 karena menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan variasi lainnya.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil Penelitian dan Perhitungan yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Kuat Tekan beton geopolimer dengan campuran 1 (BC-1) 1 : 2 (NaOH : Na₂SiO₃) umur 28 hari = 56,7 Kg/Cm², campuran 2 (BC-2) 1 : 3 (NaOH : Na₂SiO₃) umur 28 hari = 191,2 Kg/Cm², dan campuran 3 (BC-3) 2 : 5 (NaOH : Na₂SiO₃) umur 28 hari = 352,8 Kg/Cm².
2. Untuk proporsi optimum campuran dari beton geopolimer yang terdiri dari Fly Ash dan larutan activator (NaOH & Na₂SiO₃) adalah percobaan campuran 3 (BC-3) dengan perbandingan massa 2 : 5 pada umur 28 hari mendapatkan 352,8 Kg/cm². Jadi penambahan Larutan Natrium Silikat (Na₂SiO₃) dan Natrium hidroksida (NaOH) Terhadap Beton Geopolimer sangat berpengaruh terhadap kuat tekan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih saya sampaikan kepada laboratorium PT Graha Tekindo Utama, atas semua bimbingan dan bantuan mulai dari tempat melaksanakan pengetesam material sampai bimbingan pembuatan laporan. PT. Pusri atas ijin nya untuk pengambilan sampel fly ash kami.

DAFTAR PUSTAKA

Arifi, E., 2015. Agregat Daur Ulang 9, 229–235. Badan Standardisasi Indonesia, 2005. SNI Pd T-07-2005-B Pelaksanaan pekerjaan beton untuk jalan dan jembatan 3, 1–21. kementerian pekerjaan umum dan perumahan rakyat, 2017. Rancangan Campuran Beton. Diklat Perkerasan Kaku. Maryoto, A., 2009. Pengaruh Penggunaan High Volume Fly Ash Pada Kuat Tekan Mortar. J. Tek. Sipil dan Perenc. 10, 103–114. Mayssara A. Abo Hassanin Supervised, A., 2014. Fly Ash sebagai Alternatif Pengganti Semen pada Beton Geopolimer Ramah Lingkungan In. Pap. Knowl. . Towar. a Media Hist. Doc. Meila, O., Pontoan, Wahyudi, U., Athika, P., 1994. No Title 이것은 임시도서 1982, 323. Nation, 2001. Abu Terbang Solusi Pencemaran Semen. J. Am. Chem. Soc. 123, 2176–2181. Setiawati, M., 2018. Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton. Semin. Nas. Sains dan Teknol. 17, 1–8. Sugiharto, H., Kusuma, G.H., Himawan, A., Darma, D.S., 2001. Penggunaan Fly Ash Dan Viscocrete Pada Self Compacting Concrete. Civ. Eng. Dimens. 3, 30–35. Teknik, F., Makassar, U.N., 2007. Keynote Speech Penggunaan Green Concrete Sebagai Upaya Perlindungan

