



FLY ASH PLTU SUMBER ALAM SEKURAU KALIMANTAN UTARA SEBAGAI *BINDER* BETON GEOPOLIMER

Nurul Hanipah Hertianisya¹, Noerman Adi Prasetya^{*2}

^{1,2,)} Program Studi Teknik Sipil, Universitas Borneo Tarakan

Jl. Amal Lama No. 1 Kota Tarakan, Kalimantan Utara

Email: ¹ nurulhanipahhertianisya@gmail.com, ^{*} noerman@borneo.ac.id

ABSTRACT: Geopolymer concrete uses pozzolanic materials such as fly ash to replace the role of cement. This study aims to design a geopolymer concrete mixture to obtain a compressive strength value based on the age or variation of the concrete mix and identify the effect of variations in alkaline activator solution on the compressive strength of geopolymer concrete. Fly ash which reacts with alkaline activator liquid in a ratio of 50:50, functions as a binder, where the alkaline activator used in this study is Na_2SiO_3 , and NaOH concentration of 10M with the test variable used is variation one at a ratio of 50:50; variation two at a ratio of 60:40 and variation three at a ratio of 66,67:33,33, while the filler composition and binder were 75:25. In this research, 27 samples were made of cylindrical specimens by testing the compressive strength of concrete at the age of 7, 21 and 28 days. The mixing method used in this research was the wet mixing method. Based on the research result, the average compressive strength at seven days for each variation was 11,533 Mpa; 9,300 Mpa and 12,367 Mpa. At 21 days each variation in a row was 9,300 Mpa; 11,567 Mpa and 14,800 Mpa. Each variation's concrete with 28 days of age successively was 10,500 Mpa; 14,400 Mpa and 12,533 Mpa. In addition, the variation in the alkaline activator solution between Na_2SiO_3 , and NaOH affects the results of the compressive strength of geopolymer concrete.

Keywords: alkaline activator, geopolymer concrete, fly ash, compressive strength

ABSTRAK: Beton geopolimer merupakan beton yang menggunakan bahan pozzolan seperti fly ash untuk menggantikan peran semen. Tujuan dari penelitian ini yaitu membuat desain campuran beton geopolimer sehingga mendapatkan nilai kuat tekan berdasarkan umur ataupun variasi campuran beton dan mengidentifikasi pengaruh dari variasi larutan alkali aktivator terhadap kuat tekan beton geopolimer. Fly ash yang bereaksi dengan cairan alkali aktivator dengan perbandingan 50:50 berfungsi sebagai bahan pengikat, dimana alkali aktivator yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Na_2SiO_3 dan NaOH konsentrasi 10M dengan variabel pengujian yang digunakan ialah variasi 1 pada rasio 50:50; variasi 2 pada rasio 60:40 dan variasi 3 pada rasio 66,67:33,33 sedangkan komposisi filler dan binder sebesar 75:25. Pada penelitian ini dibuat benda uji berbentuk silinder sebanyak 27 sampel dengan pengujian kuat tekan beton pada umur 7, 21 dan 28 hari. Metode pencampuran yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pencampuran dengan metode basah. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh rata-rata kuat tekan pada umur 7 hari setiap variasi secara berturut-turut yaitu 11,533 Mpa; 9,300 Mpa dan 12,367 Mpa. Pada umur 21 hari setiap variasi secara berturut-turut yaitu 9,300; 11,567 Mpa dan 14,800 Mpa. Beton dengan umur 28 hari pada setiap variasi secara berturut-turut yaitu 10,500 Mpa; 14,600 Mpa dan 12,533 Mpa. Selain itu adanya variasi dalam larutan alkali aktivator antara Na_2SiO_3 dan NaOH mempengaruhi hasil dari nilai kuat tekan beton geopolimer.

Kata Kunci: alkali aktivator, beton geopolimer, fly ash, kuat tekan

1. PENDAHULUAN

Semen memegang peranan penting dalam proses pembuatan beton, jika dilihat dari komponen utamanya, semen terbuat dari batu kapur (*lime stone*) yang dihaluskan kurang lebih 80% dari total dan tanah liat (*clay*) sebanyak 20% dari total. Lehne & Preston (2018) mengatakan maskapai penerbangan serta industri pertanian merupakan kontributor terbesar untuk emisi karbon dioksida (CO_2) di bumi, disambung dengan industri semen sebagai penyokong terbesar ke-3 dengan kurang lebih delapan persen yang dikeluarkan. Davidovits (1994) mengungkapkan bahwasanya dalam proses pembuatan semen melahirkan emisi karbondioksida dalam jumlah yang sepadan bersama jumlah semen yang telah diproduksi, sehingga dapat dikatakan dalam memproduksi 1 ton semen sama halnya menghasilkan 1 ton CO_2 ke dalam udara. Selain itu saat membuat beton dengan campuran semen, semen tersebut mengeluarkan gas CO_2 dalam porsi yang sangat besar.

Beton yang dibutuhkan di era yang sekarang ini yaitu beton dengan kekuatan dan durabilitas tinggi, namun bersifat ramah terhadap lingkungan, serta berkelanjutan. Oleh karena itu diperlukan tembusan beton yang ramah terhadap lingkungan atau lebih umum disebut dengan “*Green Concrete*”. Salah satu bentuk beton hijau adalah beton geopolimer. Dimana beton geopolimer memiliki kategori beton 100% tidak menggunakan semen dalam campurannya. Sebagai pengganti semen limbah abu terbang dari pembakaran batubara yang dilakukan di pembangkit listrik, limbah ini dijadikan sumber bahan dalam membuat bahan pengikat yang akan diperlukan pada saat campuran beton. *Fly ash* mirip dengan semen karena dalam kandungan bahan kimianya terdapat silika serta alumina yang memiliki sifat *pozzolan*.

Pembahasannya adalah tentang persoalan masalah oleh masing-masing materi yang berdampak pada masalah lingkungan. Penyelesaiannya yaitu dengan mengurangi ataupun menghilangkan pemakaian semen dalam campuran beton, dimana *fly ash* mengganti peran semen dalam beton yang memiliki sifat *pozzolan*. Berdasarkan hal tersebut, penulis akan melakukan penelitian yang berjudul “Kuat Tekan Beton Geopolimer Berbasis *Fly Ash* PLTU Sumber Alam Sekurau Tanjung Selor”.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Borneo Tarakan. Kegiatan di laboratorium merupakan suatu proses untuk memperoleh data dengan cara pengujian.

2.1. Material

2.1.1. Fly Ash

ASTM C-618 mendefinisikan abu terbang sebagai butiran halus dari sisa pembakaran batu bara atau batu bara yang dihaluskan. *Fly ash* yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari PLTU Sumber Alam Sekurau Tanjung Selor. Di Indonesia, penghasilan *fly ash* maupun *bottom ash* meningkat setiap tahunnya berbanding lurus dengan adanya konsumsi batu bara sebagai bahan baku di industri pembangkit listrik. Saat ini di pabrik-pabrik semen *abu terbang* banyak digunakan untuk bahan tambah pada campuran bahan pembuatan semen (Wardani, 2008). Sebelum digunakan sebagai bahan campuran beton terdapat 2 pengujian untuk *fly ash*, yaitu berat jenis dan lolos saringan no.200.

2.1.2. Agregat

Dalam penelitian ini digunakan 2 jenis agregat, yaitu agregat kasar dan agregat halus. Agregat Kasar yang digunakan merupakan jenis batu pecah dengan ukuran 1/2 dan 2/3, yang di ambil dari Seberuang.

Sedangkan agregat kasar yang digunakan berupa pasir yang bersumber dari Juata Kota Tarakan. Sebelum agregat digunakan perlu adanya pengujian hingga agregat memenuhi standar yang berlaku.

Gradasi agregat kasar dan halus yang digunakan dalam penelitian ini harus sama untuk semua segmen sampel yang akan dibuat dengan prosedur sesuai pada SNI 03-1968-1990, hal ini untuk menghindari data yang bias akibat perbedaan gradasi ukuran agregat, selanjutnya adalah pengujian kadar air, berat volume, dan kadar lumpur untuk masing-masing agregat kasar dan halus.

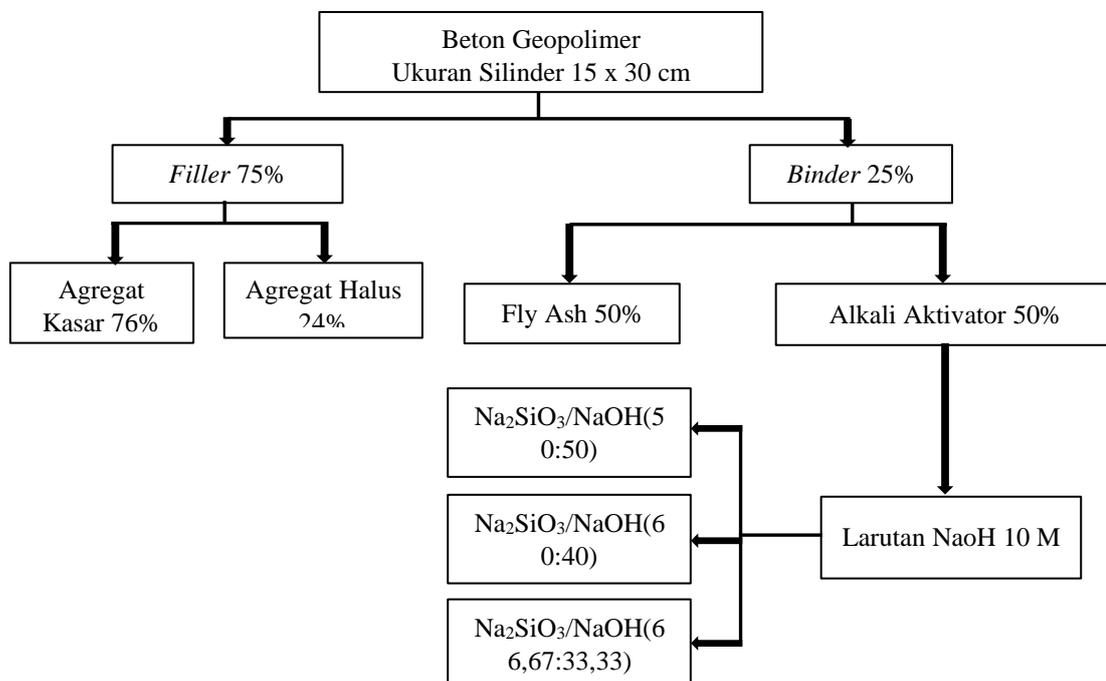
2.1.3. Alkali Aktivator

Alkali aktivator digunakan dalam pembuatan beton geopolimer yang berfungsi untuk memicu reaksi komponen kimia dalam *fly ash* agar *binder* geopolimer bisa mengikat agregat nya. Umumnya aktivator yang digunakan yaitu natrium hidroksida (NaOH) serta natrium silikat (Na_2SiO_3), bertindak untuk mengaktifkan unsur Al dan Si pada abu terbang membentuk ikatan polimer yang kuat (Fadhel, 2020).

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode basah, sehingga larutan NaOH dengan molaritas 10M dalam bentuk padat dicampur dengan air terlebih dahulu. Pada proses ini larutan NaOH memberikan panas dengan suhu yang tinggi, supaya larutan dingin pembuatan larutan NaOH perlu disiapkan sehari sebelum proses pengecoran. Bersamaan dengan itu siapkan sodium silikat pada wadah yang berbeda sesuai dengan takaran yang telah dirancang, lalu campurlah kedua bahan tersebut ke dalam wadah yang sama sehingga membentuk larutan alkali aktivator. Variasi kadar alkali aktivator pada setiap campuran beton dengan perbandingan Na_2SiO_3 :NaOH yaitu 50:50; 60:40 dan 66,67:33,33.

2.2. Persiapan Pekerjaan Laboratorium

Penelitian ini dimulai dengan studi literatur terlebih dahulu, lalu dilanjut dengan persiapan material dan pengujian terhadap material sesuai standar. Apabila hasil pengujian pada material telah memenuhi standar yang berlaku penelitian dapat dilanjut dengan pembuatan beton geopolimer sesuai dengan komposisi yang telah dirancang. *Mix design* dalam penelitian ini dapat dilihat dalam Gambar 1.



Gambar 1 Mix Design Beton Geopolimer

Sumber: Penulis, 2022

Adapun komposisi dari beton geopolimer untuk penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Jumlah Komposisi Bahan Per Silinder

Beton	Perbandingan aktivator	Na ₂ SiO ₃	NaOH	Agregat Halus	Agregat Kasar	Fly Ash
				Kg		
75:25	50:50	0,7952	0,7952	2,2902	7,2524	1,5904
	60:40	0,9543	0,6362	2,2902	7,2524	1,5904
	66,67:33,33	1,0603	0,5301	2,2902	7,2524	1,5904
Total		2,8098	1,9615	6,8707	21,7571	4,7713

Sumber: Hasil Pengolahan, 2022

2.3. Pembuatan Benda Uji

1. Pastikan alat yang digunakan dalam keadaan bersih.
2. Siapkan material yang akan digunakan serta timbang sesuai komposisi yang telah dirancang.
3. Buatlah larutan NaOH, dengan cara mencampurkan NaOH yang berbentuk serpihan dengan air.
4. Buatlah perbandingan aktivator Na₂SiO₃ banding NaOH yaitu sebesar 50:50; 60:40 dan 66,67:33,33.
5. Membuat larutan alkali aktivator sehari sebelum pencampuran beton dengan menggabungkan kedua larutan NaOH dengan Na₂SiO₃.
6. Siapkan juga *fly ash*, lalu batu pecah dan pasir berdasarkan gradasi yang telah diuji.
7. Melakukan perbandingan campuran pasir, batu pecah dan *fly ash* berdasarkan komposisi yang sudah ditetapkan.
8. Siapkan alat-alat yang dibutuhkan dalam pencampuran beton.
9. Memasukkan agregat kasar serta halus ke dalam *mixer*, tunggu hingga adonan tercampur rata kemudian tambahkan air sesuai perhitungan yang telah ditentukan.
10. Tuang agregat ke dalam loyang.
11. Masukkan larutan *alkaline activator* dan *fly ash* ke dalam *mixer*, aduk hingga merata.
12. Tuang kembali agregat ke dalam bahan pengikat di *mixer*, aduk hingga merata.
13. Setelah pencampuran selesai dilakukan uji *slump*.
14. Masukkan beton segar ke dalam cetakan dengan memenuhi syarat yang telah ditentukan. Untuk benda uji berbentuk silinder berukuran 150 x 300 mm, isi cetakan dengan beton sebanyak 3 lapisan, padatkan setiap lapis dengan tusukan sebanyak 25 kali.
15. Biarkan beton geopolimer selama kurang lebih 24 jam di dalam cetakan, kemudian cetakan bisa di buka.
16. Beton diperlakukan secara sama dengan beton biasa, yaitu benda uji direndam sampai mencapai umur yang telah ditentukan. Dilakukan guna menghindari pengaruh cuaca terhadap proses pengerasan beton yang pastinya bisa mempengaruhi kekuatan pada beton.
17. Untuk setiap variasi komposisi campuran masing-masing dibuat 3 sampel, dengan jumlah totas 27 benda uji.

2.1. Perawatan Benda Uji

Beton geopolimer yang telah dilepas dari cetakan, kemudian di simpan dalam air (direndam) selama umur yang telah ditetapkan. Namun sehari sebelum pengujian beton terlebih dahulu dikeluarkan dari perendaman, hingga kondisi beton SSD.

2.2. Pengujian Kuat Tekan

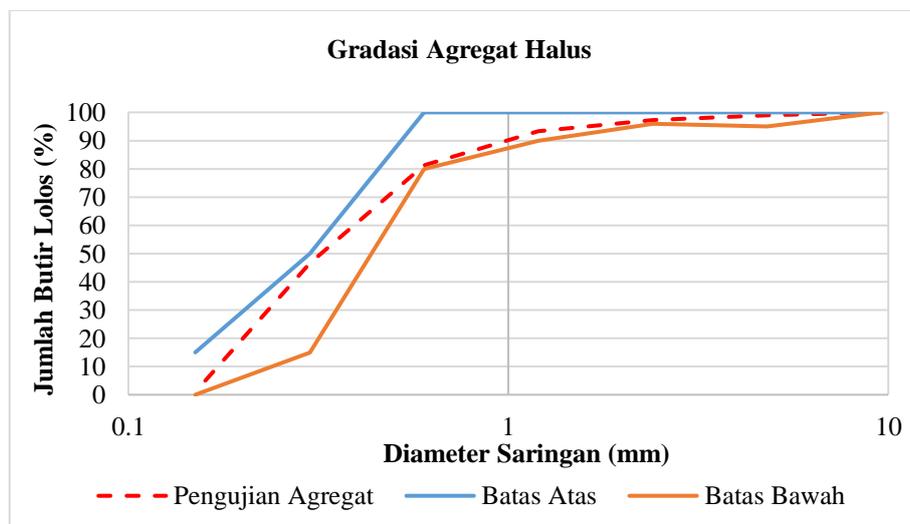
Pengujian ini mengacu pada SNI 1974-2011 dengan tujuan untuk mengetahui kuat tekan dan pengaruh perbandingan alkali aktivator yang digunakan terhadap benda uji yang dibuat. Pengujian dilakukan pada umur 7, 21 dan 28 hari setelah pengecoran.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Agregat Halus

3.1.1. Analisa Gradasi Saringan

Tujuan dari uji analisis ayakan adalah untuk mengetahui susunan butir agregat dari besar sampai halus untuk keperluan perencanaan beton. Hasil dari pengujian ini diperoleh modulus kehalusan sebesar 1,815% berdasarkan SNI 03-1750-1990 agregat telah memenuhi standar karena berada pada batas 1,5 hingga 3,8. Adapun hasil pada pengujian ini agregat masuk dalam gradasi daerah IV ditunjukkan pada grafik Gambar 2.



Gambar 2 Gradasi Agregat Halus

Sumber: Hasil Pengolahan, 2022

3.1.2. Berat Volume

Hasil pengujian diperoleh berat volume agregat halus pada 2 kondisi yaitu kondisi lepas serta padat yang memiliki nilai volume sebesar $1,037 \text{ kg.m}^{-3}$ dalam kondisi lepas dan volume padat sebesar $1,329 \text{ kg.m}^{-3}$ yang memiliki selisih volume $0,292 \text{ kg.m}^{-3}$. Nilai berat volume minimum untuk agregat halus adalah $0,4 - 1,9 \text{ kg.m}^{-3}$ (SNI 03-1973-2008). Oleh karena itu, berat volume agregat halus ini cukup baik dan memenuhi persyaratan yang ditentukan.

3.1.3. Kadar Air

Hasil pengujian 3 sampel yang dilakukan kadar air pada agregat halus diperoleh persentase sebesar 5,535 %; 6,730 % serta 6,464 % dengan hasil rata-rata ketiga sampel yaitu sebesar 6,243 %.

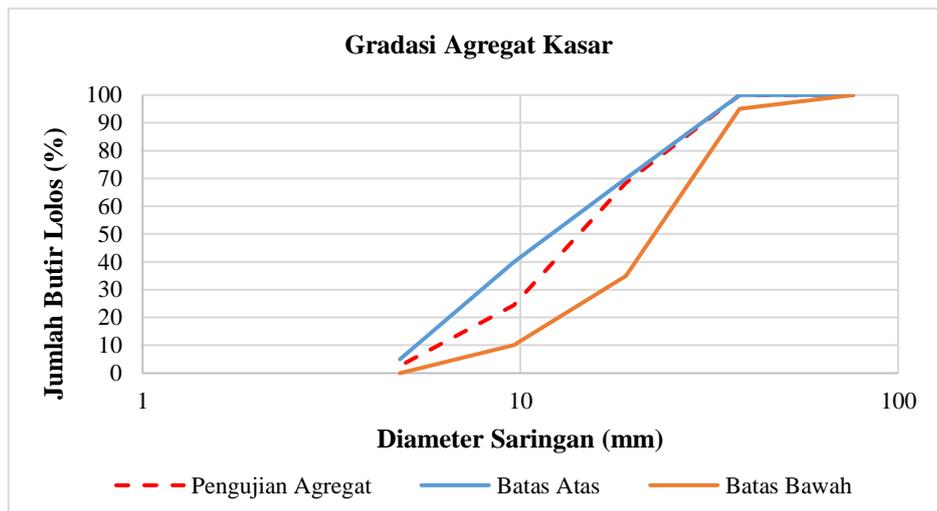
3.1.4. Kadar Lumpur

Hasil pengujian berdasarkan SNI 03-2834-2000 kadar lumpur yang terdapat pada agregat halus harus memiliki nilai maksimal 5%, sedangkan hasil yang diperoleh memiliki nilai kadar lumpur sebesar 4,157% sehingga pasir yang akan digunakan dalam campuran beton geopolimer tidak perlu dicuci. Banyaknya lumpur pada agregat halus akan mempengaruhi kekuatan ikatan antara bahan pengikat dengan agregat sehingga dapat menurunkan kekuatan dan durabilitas beton.

3.2 Pengujian Agregat Kasar

3.2.1. Analisa Gradasi Saringan

Hasil pengujian diperoleh modulus kehalusan dengan nilai 7,042%. Berdasarkan SK SNI S-04-1989-F persyaratan modulus butir halus adalah 6 – 7,1 agregat ini termasuk agregat yang memiliki butir cukup besar, sehingga dapat digunakan untuk pencampuran beton, oleh karena itu agregat kasar ini cukup baik dan memenuhi persyaratan yang ditentukan. Hasil pengujian yang telah dilakukan akan digunakan sebagai acuan untuk menentukan luas gradasi pada agregat kasar. Gradasi yang dihasilkan dari pengujian modulus halus butir agregat kasar berada pada area gradasi dengan ukuran maksimal 40 mm dan grafik hubungan antara persentase lolos kumulatif dengan lubang ayakan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Gradasi Agregat Kasar

Sumber: Hasil Pengolahan, 2022

3.2.2. Berat Volume

Hasil pengujian pada Tabel 4.6, diperoleh berat volume agregat kasar pada 2 kondisi yaitu kondisi lepas dan padat memiliki nilai volume $1,279 \text{ kg.m}^{-3}$ kondisi lepas dan kondisi padat volume $1,575 \text{ kg.m}^{-3}$ yang memiliki selisih volume $0,296 \text{ kg.m}^{-3}$. Pada pengujian ini jika selisih berat volume pada kondisi gembur dan padat semakin kecil, maka hasil yang diperoleh berarti semakin baik agregat yang digunakan. Nilai *bulk density* minimum untuk agregat halus dan agregat kasar adalah $0,4 - 1,9 \text{ kg.m}^{-3}$ (SNI 03-1973-2008). Oleh karena itu, berat volume agregat kasar ini cukup baik dan memenuhi persyaratan yang ditentukan.

3.2.3. Kadar Air

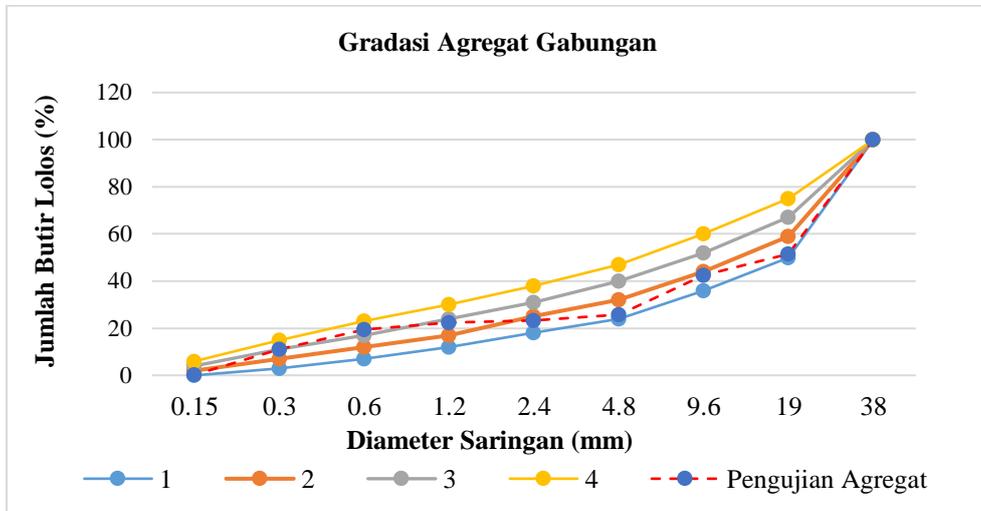
Hasil pengujian 3 sampel yang dilakukan kadar air pada agregat halus diperoleh persentase sebesar 15,120 %; 10,153 % serta 14,566 % dengan hasil rata-rata ketiga sampel tersebut yaitu sebesar 13,279 %.

3.2.4. Kadar Lumpur

Hasil pengujian pada Tabel 4.8 berdasarkan ketentuan agregat kasar pada ASTM C33, kadar lumpur yang terkandung dalam agregat kasar harus memiliki nilai maksimum 1%, sedangkan hasil yang diperoleh memiliki nilai kadar lumpur 1,304%. Banyaknya lumpur pada agregat kasar akan mempengaruhi kekuatan ikatan antara bahan pengikat dengan agregat sehingga dapat menurunkan kekuatan dan durabilitas beton. Berdasarkan nilai yang diperoleh, sebelum agregat akan digunakan dalam campuran harus dicuci terlebih dahulu.

3.3 Pengujian Gradasi Agregat Gabungan

Hasil yang diperoleh dari pengujian dengan batas-batas yang diperoleh dari mengikuti standar SNI 03-2834-2000. Dengan menggunakan metode *trial and error* dalam memperoleh gradasi agregat gabungan antara agregat kasar dan agregat halus diperoleh persentase 24% untuk pasir dan 76% untuk agregat kasar, hasil tersebut dapat dilihat pada grafik Gambar 4.



Gambar 4 Gradasi Agregat Gabungan

Sumber: Hasil Pengolahan, 2022

3.4 Pengujian Fly Ash

3.4.1. Berat Jenis Fly Ash

Specific gravity atau berat jenis pada sifat fisik *fly ash* menurut ACI *Manual of Concrete Practice* 1993 Parts 1 226.3R 6 dan ASTM C 618 berkisar antara 2,2 – 2,8. Berdasarkan hasil dari pengujian diperoleh nilai rata-rata berat jenis *fly ash* sebesar 2,72 gr.cm⁻³ maka *fly ash* ini dapat digunakan dalam campuran beton geopolimer.

3.4.2. Saringan Lolos No. 200

Berdasarkan ACI *Manual of Concrete Practice* 1993 Parts 1 226.3R 6 dan ASTM C 618 ukuran ϕ 1 mikron - ϕ 1 mm dengan kehalusan 70% - 80% *fly ash* lolos saringan no.200 (75 mikron). Hasil dalam pengujian yang telah dilakukan memiliki nilai rata-rata sebesar 75,4 %, sehingga *fly ash* ini layak untuk digunakan dalam campuran.

3.5 Berat Volume Beton

Sebelum melakukan pengujian berat volume beton, benda uji dikeluarkan dari perendaman 1 hari sebelum pengujian, kemudian didiamkan selama 24 jam agar benda uji kering, setelah itu benda uji di timbang. Berat volume beton dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Berat Volume Beton

No.	Benda Uji	Umur	Berat Beton	Volume Beton	Berat Volume Beton	Rata-Rata
		Hari	Kg	m ³	Kg/m ³	Kg/m ³
1	GP-1	7	12,107	0,00530	2283,720	2281,079
2			12,225	0,00530	2305,978	
3			11,947	0,00530	2253,540	

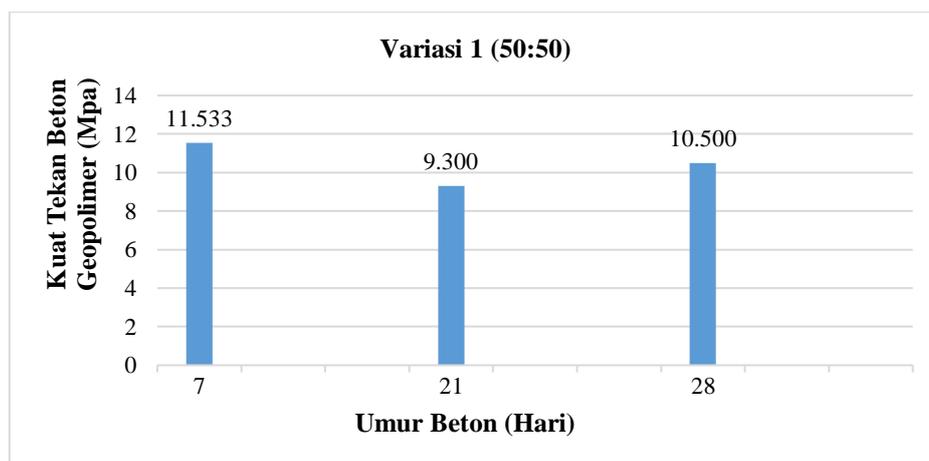
No.	Benda Uji	Umur	Berat Beton	Volume Beton	Berat Volume Beton	Rata-Rata
		Hari	Kg	m ³	Kg/m ³	Kg/m ³
4	GP-1	21	12,301	0,00530	2320,314	2318,113
5			12,11	0,00530	2284,286	
6			12,457	0,00530	2349,740	
7	GP-1	28	12,229	0,00530	2306,733	2279,759
8			11,99	0,00530	2261,651	
9			12,039	0,00530	2270,893	
10	GP-1,5	7	12,408	0,00530	2340,497	2290,134
11			12,004	0,00530	2264,291	
12			12,011	0,00530	2265,612	
13	GP-1,5	21	12,361	0,00530	2331,632	2305,727
14			12,146	0,00530	2291,077	
15			12,164	0,00530	2294,472	
16	GP-2	28	12,226	0,00530	2306,167	2289,819
17			12,212	0,00530	2303,526	
18			11,98	0,00530	2259,764	
19	GP-2	7	12,137	0,00530	2289,379	2306,230
20			12,359	0,00530	2331,254	
21			12,183	0,00530	2298,056	
22	GP-2	21	12,089	0,00530	2280,325	2289,945
23			12,279	0,00530	2316,164	
24			12,052	0,00530	2273,346	
25	GP-2	28	11,954	0,00530	2254,860	2312,140
26			12,49	0,00530	2355,965	
27			12,329	0,00530	2325,596	

Sumber: Hasil Pengolahan, 2022

Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai rata-rata untuk berat volume beton geopolimer pada penelitian ini memiliki nilai yang paling rendah sebesar 2279,696 Kg.m⁻³ dengan benda Uji GP-1 pada umur 28 hari dan nilai tertinggi sebesar 2318,113 Kg.m⁻³. Menurut SNI 03-2847-2019 beton ini termasuk pada klasifikasi beton normal karena berat volume masuk pada rentang 2200 Kg.m⁻³ hingga 2500 Kg.m⁻³.

3.5 Kuat Tekan Beton

3.5.1 Analisis Kuat Tekan Variasi 1

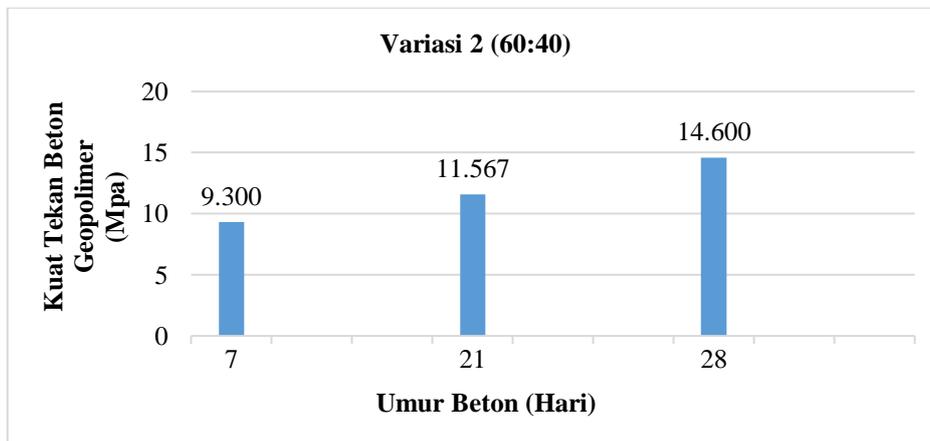


Gambar 5 Kuat Tekan Variasi 1

Sumber: Hasil Pengolahan, 2022

Berdasarkan hasil pengujian yang diperoleh pada Gambar 5 menunjukkan bahwa nilai rata-rata kuat tekan paling tinggi berdasarkan variasi umurnya berada pada saat umur beton mencapai 7 hari sedangkan pada umur 21 hari terjadi penurunan namun naik kembali di umur 28 hari. Adapun klasifikasi nilai dari kuat tekan beton berdasarkan SNI 2847-2019 beton geopolimer pada penelitian dengan komposisi ini termasuk pada golongan beton non struktural karena nilai dari hasil kuat tekan kurang dari 17 Mpa. Hal tersebut selaras dengan apa yang dikatakan oleh (Joseph & Mathew, 2012) bahwa nilai kuat tekan yang dihasilkan pada beton geopolimer berbeda dengan nilai kuat tekan yang dihasilkan pada beton normal, dimana umur awal beton geopolimer akan mengalami peningkatan yang signifikan, sedangkan pada umur beton geopolimer diatas 7 hari, nilai kuat tekan yang dihasilkan tidak signifikan.

3.5.2 Analisis Kuat Tekan Variasi 2

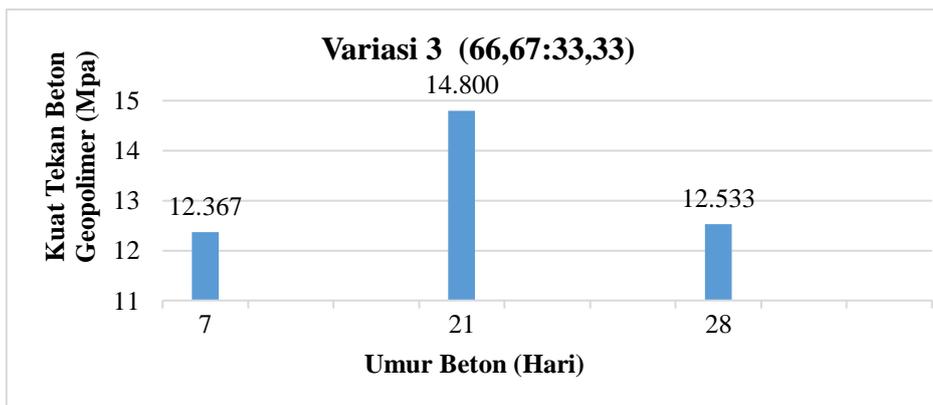


Gambar 6 Kuat Tekan Variasi 2

Sumber: Hasil Pengolahan, 2022

Hasil yang diperoleh pada Gambar 6 setelah melaksanakan pengujian kuat tekan beton geopolimer yaitu dengan kuat tekan rata-rata pada umur 7 hari adalah 9,300 dengan standar deviasi 3,732 masuk pada golongan klasifikasi standar deviasi kurang. Pada saat umur 21 hari kuat tekan rata-rata mengalami peningkatan dengan memperoleh rata-rata kuat tekan 11,567 dengan standar deviasi 1,358 masuk pada golongan klasifikasi standar deviasi kurang. Serta di umur 28 hari kuat tekan rata-rata beton geopolimer meningkat lagi dengan perolehan nilai sebesar 14,600 dengan standar deviasi 0,964 termasuk golongan istimewa pada klasifikasi standar deviasi. Klasifikasi standar deviasi kualitas beton dapat dilihat dalam SNI 03-6815-2002.

3.5.2 Analisis Kuat Tekan Variasi 3

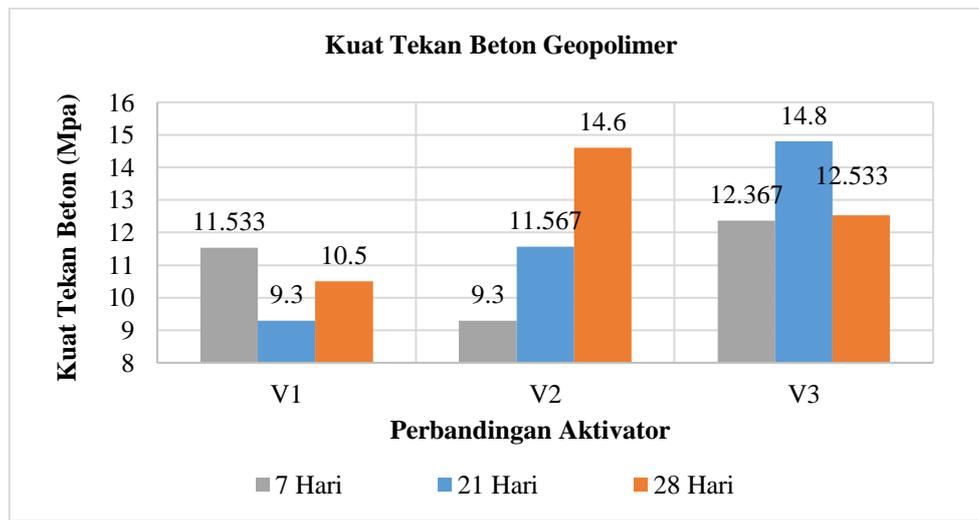


Gambar 7 Kuat Tekan Variasi 3

Sumber: Hasil Pengolahan, 2022

Berdasarkan hasil analisis pada Gambar 7 diperoleh hasil dari pengujian rata-rata untuk kuat tekan beton geopolimer di umur 7 hari mencapai 12,367 Mpa dengan standar deviasi 0,709 masuk pada golongan klasifikasi standar deviasi istimewa. Pada umur 21 hari, rata-rata kuat tekan beton memperoleh nilai sebesar 14,800 Mpa dengan standar deviasi 2,549 masuk dalam klasifikasi kurang. Namun saat umur beton menginjak 28 hari, rata-rata kuat tekan beton menurun menjadi 12,533 Mpa dengan standar deviasi 1,457 masuk dalam klasifikasi sangat baik. Klasifikasi standar deviasi kualitas beton ditentukan dalam SNI 03-6815-2002.

3.5 Kuat Tekan Maksimum



Gambar 8 Kuat Tekan Beton Geopolimer

Sumber: Hasil Pengolahan, 2022

Berdasarkan hasil analisis data yang secara rinci ditunjukkan pada Gambar 8 diketahui bahwa kuat tekan rata-rata beton geopolimer kurang dari 17 Mpa sehingga masuk ke dalam golongan beton non struktural yaitu mutu dari kuat tekan yang dimiliki rendah sehingga beton diperuntukan pada pekerjaan-pekerjaan yang tidak bersentuhan secara langsung dengan besi seperti pembuatan lantai dasar dan pondasi pada kolom. Dalam beton normal, nilai kuat tekan beriringan juga dengan umur beton nya. Semakin lama umur beton maka semakin tinggi juga nilai kuat tekannya, begitupun dengan beton geopolimer sesuai dengan penelitian terdahulu oleh (Ekaputri Januari, 2014).

Berdasarkan hasil analisis yang diperoleh pada penelitian ini kasus yang terjadi adalah adanya penurunan pada rata-rata kuat tekan beton geopolimer. Variasi 1 penurunan terjadi saat umur beton lebih dari 7 hari dan pada variasi 3 beton mengalami penurunan pada saat umur beton lebih dari 21 hari. Adapun faktor penyebab hal tersebut terjadi yaitu adanya lubang atau pori di beton yang muncul dalam permukaan beton yang telah di cetak hingga mengering. Atau disebut dengan *bug holes*, terjadi akibat adanya udara yang terkunci di dalam beton hingga membuat ruang timbul akibat saat proses pencetakan beton dan konsolidasi. Pada saat penempatan beton geopolimer segar dalam cetakan prosesnya cukup sulit akibat dari kentalnya campuran dan *setting time* yang sangat cepat hingga campuran tidak merata dengan baik dalam cetakan. Dalam SNI 03-2847-2002 menyatakan bahwa pemakaian pipa bersama kaitnya, membuat pori pada beton paling maksimal 4% dari luas penampang nya. Selain itu dalam penelitian yang dilakukan oleh (Zuraidah, Safrin. 2013) menyatakan bahwa pemberian pori pipa pada beton akan mempengaruhi nilai kuat tekan yang diperoleh.

Penggunaan massa agregat, pengikat maupun alkali aktivator sangat berpengaruh pada beton geopolimer, seperti pada Gambar 4.16 diagram batang menunjukkan nilai rata-rata kuat tekan semua variasi, pada umur 7 nilai kuat tekan maksimum diperoleh variasi 3 dengan nilai kuat tekan 12,367 Mpa. Nilai kuat tekan rata-rata maksimum umur 21 hari diperoleh variasi 3 dengan nilai sebesar 14,800 Mpa

dan pada umur 28 hari nilai kuat tekan maksimum rata-rata diperoleh variasi ke 2 dengan nilai kuat tekan 12,533 Mpa.

Berdasarkan pemaparan di atas dalam penelitian ini perbandingan alkali aktivator 66,67:33,33 memiliki hasil yang lebih baik dari pada perbandingan yang lain nya. Karena nilai rata-rata kuat tekan maksimum dari seluruh variasi baik berdasarkan perbandingan alkali aktivator ataupun umurnya terjadi pada saat umur beton mencapai umur 21 hari dalam variasi 3 dengan nilai kuat tekan mencapai 14,800 Mpa. Hal ini menunjukkan bahwa proses reaksi polimer hanya terjadi sampai umur 21 hari. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya dimana kuat tekan mengalami penurunan, penelitian tersebut dilaksanakan oleh (Salain, dkk. 2020).

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil dan pembahasan, yaitu desain komposisi beton geopolimer menggunakan perbandingan 75:25 untuk *binder* dan *filler*. *Filler* yang digunakan yaitu batu pecah dan pasir dengan perbandingan 76:74. Sedangkan *binder* antara *fly ash* dengan larutan alkali aktivator memiliki perbandingan 50:50, variabel pengujian yang digunakan ialah variasi 1 pada rasio 50:50; variasi 2 pada rasio 60:40 dan variasi 3 pada rasio 66,67:33:33. Metode pencampuran yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pencampuran beton geopolimer dengan metode basah. Adapun kuat tekan rata-rata yang diperoleh oleh masing-masing variasi pada penelitian ini yaitu beton dengan umur 7 hari pada setiap variasi secara berturut-turut memperoleh nilai kuat tekan rata-rata yaitu 11,533 Mpa; 9,300 Mpa dan 12,367 Mpa. Beton dengan umur 21 hari pada setiap variasi secara berturut-turut memperoleh nilai kuat tekan rata-rata yaitu 9,300; 11,567 Mpa dan 14,800 Mpa. Beton dengan umur 28 hari pada setiap variasi secara berturut-turut memperoleh nilai kuat tekan rata-rata yaitu 10,500 Mpa; 14,600 Mpa dan 12,533 Mpa. Titik puncak nilai kuat tekan rata-rata pada penelitian ini yaitu 14,800 Mpa yang diperoleh variasi 3 pada umur beton 21 hari. Dan menyimpulkan bahwa adanya variasi dalam larutan alkali aktivator antara Na_2SiO_3 dan NaOH mempengaruhi hasil dari nilai kuat tekan beton geopolimer. Semakin besar perbandingan Na_2SiO_3 maka semakin besar juga nilai kuat tekan yang diperoleh.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada PT. Sumber Alam Sekurau atas kebaikannya memberikan material berupa *fly ash* sehingga kebutuhan material pada penelitian ini dapat terpenuhi.

DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Testing and Material. (n.d.). Standart Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzoland for Use as a Minerale Admixture in Concrete. ASTM C-618-03. American.
- American Society for Testing and Material. (n.d.). Standard Spesification for Concrete Agregates. ASTM C33. American.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. (1989). Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A. SK SNI S-04-1989-F. Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. (1990). Agregat Beton, Mutu dan Cara Uji SNI 03-1750-1990. Indonesia.

- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. (1990). Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Kasar dan Halus. SNI 03-1968-1990. Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. (2000). Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. SNI 03-2834-2000. Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. (2002). Tata cara mengevaluasi hasil uji kekuatan beton. SNI 03-6815-2002.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. (2011). Cara uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder. SNI 1974-2011. Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. (2019). Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung. SNI 2847-2019. Indonesia.
- Lehne, J & Preston, F. (2018). *Making Concrete Change: Innovation in Low-carbon Cement and Concrete*. London: Chatham House. The Royal Institute of International Affairs.
- Davidovits, J. (1994). *Properties of Geopolymer Cements*. France: Geopolymer Institute.
- Ekaputri, J. J., Triwulan, & Oktaviani, D. (2007). Sifat Mekanik Beton Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash Jawa Power Paiton Sebagai Material Alternatif. Pondasi.
- Fadhel. (2020). Kajian Pemanfaatan Fly Ash Sebagai Pengganti Semen Pada Beton Geopolimer. Bandung: Institut Teknologi Nasional.
- Joseph, B., & Mathew, G. (2012). Influence of aggregate content on the behavior of fly ash based geopolymer concrete. *Scientia Iranica*, 19(5), 1188–1194. <https://doi.org/10.1016/j.scient.2012.07.006>.
- Salain, I Made K., Wiryasa, Made N A., & Pamungkas, I Nyoman M M A. (2020). Kuat Tekan Beton Geopolimer Menggunakan Abu Terbang. *Jurnal Spektran*, Vol. 8 No. 1
- Wardani. (2008). Pemanfaatan Linbah Batu Bara (Fly Ash) untuk Stabilisasi Tanah Maupun Keperluan teknik Sipil Lainnya dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Zuraidah, Safrin (2013) *Model Tulangan Geser Kolom Berongga Untuk Memikul Beban Tekan*. Surabaya, Seminar Hasil penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat: UPN Veteran Jawa Timur