

# Studi Beton Geopolimer Dengan Bahan Dasar Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Beton

Yussy Afrilia ILYAS<sup>1</sup>, Gusneli YANTI<sup>1\*</sup>, Lusi Dwi PUTRI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning,  
email: gusneli@unilak.ac.id

## Sejarah artikel

Diserahkan: 27 Juli 2022  
Dalam bentuk revisi: 24 Agustus 2022

Diterima: 28 September 2022  
Tersedia online: 30 September 2022

## Abstract

Fly ash has potential as a substitute for Portland cement, because it includes pozzolanic materials, namely materials that contain silica (Si) and alumina (Al). Pozzolanic materials do not have a binding ability like cement in general, but because of their smooth shape, and can react with alkaline activator liquid NaOH and Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> which will have the ability to bind like Portland cement, this mixture is commonly called a geopolymer mixture. This study uses a geopolymer concrete mix binder using fly ash and alkaline activator liquid in the form of sodium hydroxide NaOH and Sodium Silicate (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) with a ratio of 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5 that uses experimental method. The method in the design of concrete mixtures using the DOE method in Indonesia is known as the planning standard by the ministry of public work and is contained in the SNI Standard 03-2834-2000. The resulting compressive strengths are 3,40 MPa (SS/SH=1,5); 7,11 MPa (SS/SH=2,0); 10,13 MPa (SS/SH=2,5); 9,07 MPa (SS/SH=3,0) dan 8,05 MPa (SS/SH=3,5). The highest compressive strength is produced in the variation of the SS/SH ratio of 2,5 with a value of 10,13 MPa

**Keywords:** geopolymer concrete, binder, fly ash, compressive strength

## Abstrak

Fly ash memiliki potensi sebagai bahan pengganti semen Portland, dikarenakan termasuk bahan pozzolan yaitu bahan yang memiliki kandungan silika (Si) dan alumina (Al). Bahan pozzolan tidak mempunyai kemampuan pengikat seperti semen pada umumnya, tetapi dikarenakan bentuknya yang halus, dan dapat bereaksi dengan cairan alkali activator NaOH dan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> yang memiliki kemampuan mengikat layaknya semen Portland, campuran ini disebut dengan campuran geopolimer. Penelitian ini menggunakan bahan pengikat campuran beton geopolymer menggunakan fly ash dan cairan alkali activator berupa NaOH dan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> dengan perbandingan sebesar 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5 yang menggunakan metode eksperimen. Metode dalam perancangan campuran beton menggunakan cara DOE di Indonesia dikenal sebagai standar perencanaan oleh Departemen Pekerjaan Umum dan dimuat dalam Standar SNI 03-2834-2000, "Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal". Secara berurut nilai kuat tekan beton (rata-rata) yang di dapat adalah 3,40 MPa (SS/SH = 1,5); 7,11 MPa (SS/SH = 2,0); 10,13 MPa (SS/SH = 2,5); 9,07 MPa (SS/SH = 3,0) dan 8,05 MPa (SS/SH = 3,5). Beton yang menghasilkan kuat tekan beton maksimal ada pada variasi perbandingan SS/SH sebesar 2,5 dengan nilai kuat tekan sebesar 10,13 MPa.

**Kata kunci:** beton geopolimer, binder, fly ash, kuat tekan

## 1. Pendahuluan

Beton merupakan salah satu material utama dalam pembangunan di bidang struktur seperti : gedung, jembatan, jalan, tower, bendungan dan struktur lainnya. Beton menjadi bahan utama dikarenakan sifatnya yang memiliki kelebihan – kelebihan dibandingkan dengan bahan lainnya, antara lain harganya yang relatif murah, mempunyai kekuatan yang baik, tahan lama,

tahan terhadap api, tidak mengalami pembusukan, bahan baku penyusun mudah didapat. Beton normal pada umumnya memiliki kuat tekan antara 18 – 32 MPa ( $\text{N/mm}^2$ ) dan berat 2,4  $\text{ton/m}^3$  (Basuki, 2012).

Penentuan kualitas campuran beton dilakukan dengan pengujian kuat tekan beton, dengan memberikan beban 2-4  $\text{kg/cm}^2$  per detik hingga benda uji beton hancur, nilai beban maksimum di bagi dengan luas penampang benda uji merupakan nilai kuat tekan beton yang dinyatakan dengan satuan MPa. semakin tinggi nilai kuat tekan beton maka semakin tinggi pula mutu dari beton. Kekuatan kuat tekan beton tergantung pada jenis campuran, kualitas material pada campuran, pemadatan pada saat pembuatan benda uji. (SNI 3-2834-2000).

Penelitian terkait beton geopolimer menggunakan *fly ash* dan NaOH 12 M di bawah kondisi 1,5 dan 3,5 pada temperatur suhu relatif standar. Nilai *fas* yang di gunakan adalah sebesar 0,20; 0,25; 0,30; 0,35; 0,40; 0,45. Hasil penelitian menjelaskan kandungan padatan larutan aktivator dapat berdampak terhadap ketahanan korosi mortar geopolimer. Hasil dari kuat tekan pada kondisi SS/SH = 1,5 terus naik dari nilai dari *fas* = 0.2 sampai puncak *fas* = 0.3 bisa mencapai nilai sebesar 66,67 MPa meskipun mortar dengan kondisi SS/SH 3,5 menunjukkan peningkatan yang signifikan pada model, bahkan sampai puncak *fas* = 0,3 dapat memiliki nilai kuat tekan sebesar 63,06 MPa. Setelah nilai *fas* telah lebih dari 0,3, maka kuat tekan beton menurun. Kemudian diperoleh kandungan padatan optimum larutan aktivator pada kondisi SS/SH=1,5 dan 0,3 (Trisna dan Wardhono, 2018).

Ekaputri dkk., (2007) melakukan penelitian yang sama terkait beton geopolimer menggunakan *fly ash* dan cairan *activator* berupa Sodium Silikat dan Sodium Hidroksida, menggunakan dua variasi nilai molar yaitu 10 M dan 8 M, juga menggunakan perbandingan SS/SH sebanyak 5 variasi (yaitu 0,5;1,0;1,5;2,0;2,5). Setelah dilakukannya penelitian didapatkan hasil Semakin tinggi molaritas yang digunakan dalam campuran, maka semakin cepat pengikatan awal berlangsung. Larutan NaOH 10M lebih pekat jika dibandingkan dengan larutan NaOH 8M.

*Fly ash* memiliki potensi sebagai bahan pengganti semen Portland, dikarenakan termasuk bahan pozzolan yaitu bahan yang memiliki kandungan silika (Si) dan alumina (Al) dimana bahan pozzolan tidak mempunyai kemampuan pengikat seperti semen pada umumnya, tetapi dikarenakan bentuknya yang halus, dan dapat bereaksi dengan cairan alkali *activator* NaOH dan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  yang akan memiliki kemampuan mengikat layaknya semen Portland, campuran ini biasa disebut dengan campuran geopolimer. Penelitian ini menggunakan bahan pengikat campuran beton geopolimer menggunakan *fly ash* dan cairan alkali *activator* berupa NaOH dan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  dengan perbandingan sebesar 1,5 hingga 3,5. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan beton geopolimer dengan penambahan *fly ash* dan larutan alkali *activator* berupa NaOH dan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ .

## 2. Metodologi

### Data Penelitian

Data Penelitian adalah segala fakta dan angka yang dapat dijadikan bahan untuk menyusun suatu informasi. Berikut adalah jabaran data – data yang di butuhkan dalam penelitian ini:

- a) Hasil data pemeriksaan agregat kasar dan agregat halus
- b) Perencanaan campuran beton
- c) Perancangan pembuatan benda uji
- d) Hasil pengujian kuat tekan beton

### Material Percobaan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Bahan yang digunakan dan sumbernya

No	Material	Sumber
1.	<i>Fly Ash</i>	Tenayan Raya
2.	Agregat Halus	Pangkalan Sumbar
3.	Agregat Kasar	Pangkalan Sumbar
4.	Alkali Activator a. NaOH b. Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	Samudra Chemical Pekanbaru
5.	Aquades	Samudra Chemical Pekanbaru

### Alat

Peralatan yang digunakan untuk pengujian agregat dalam penelitian ini seperti yang tercantum dalam Tabel 2.

Tabel 2. Peralatan yang digunakan dalam pengujian propertis agregat

No.	Pengujian Properties	Agregat Kasar	Agregat Halus	Alat yang digunakan
1.	Kadar Air	Ya	Ya	a. Oven b. Talam c. Sendok Semen d. Timbangan
2.	Kadar Lumpur	Tidak	Ya	a. Gelas Ukur b. Penggaris c. Sendok Semen
3.	Analisa Saringan	Ya	Ya	a. Satu Set Saringan Agregat b. Sendok Semen c. Talam d. Timbangan e. Kuas
4.	Berat Jenis	Ya	Ya	a. Oven b. Talam c. Sendok d. Timbangan e. Piknometer
5.	Berat Volume	Ya	Ya	a. <i>Mould</i> b. Tongkat Besi c. Sendok Semen d. Timbangan
6.	Kadar Organik	Tidak	Ya	a. Botol b. Larutan NaOH 3% c. Sendok Semen
7.	Keausan Agregat dengan Mesin <i>Los Angeles</i>	Ya	Tidak	a. Satu Set Mesin <i>Los Angeles</i> b. Satu Set Saringan Agregat c. Sendok Semen d. Talam e. Timbangan f. Kuas

Peralatan yang digunakan dalam pembuatan dan pengujian beton dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Daftar peralatan pembuatan dan pengujian beton

No	Alat	Fungsi
1	Molen	Mencampur material dalam pembuatan Beton
2	Sendok Semen	Memasukkan adukan beton segar dalam cetakan
3	Cetakan Silinder	Mencetak beton
4	Timbangan	Menimbang material untuk campuran beton dan beton silinder
5	Kerucut Terpancung	Menentukan derajat kemudahan pengecoran

No	Alat	Fungsi
6	Tongkat Pemasat	Memadatkan campuran beton segera dalam cetakan
7	Ember / Baskom	Meletakkan agregat, air, dan semen.
8	Gelas Ukur	Wadah Bahan Tambah ( <i>admixtures</i> )
9	Gerobak	Mengangkut material, campuran beton dan beton silinder
10	Mesin Uji Tekan	Memeriksa kekuatan beton silinder

### ***Rancangan Benda Uji***

Pengujian ini memakai Metode campuran beton menggunakan cara DOE di Indonesia dikenal sebagai standar perencanaan oleh Departemen Pekerjaan Umum dan dimuat dalam Standar SNI 03-2834-2000, Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. Menggunakan 15 buah benda uji molding silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. perbandingan alkali *activator* (SS/SH) pada penelitian ini yaitu 1,5 sampai dengan 3,5 diambil berdasarkan dari penelitian Trisna dan Wardhono (2018), dengan nilai molar sebesar 10 M, dikarenakan nilai molar ideal untuk beton geopolimer adalah antara 8 M hingga 14 M dengan umur beton 28 hari. Rincian rancangan benda uji beton dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rancangan jumlah pembuatan benda uji

Kode Benda Uji	SS/SH	Jumlah Molar	Umur Benda Uji	Jumlah Benda Uji
BG-1	1,5	10	28 hari	3
BG-2	2,0	10	28 hari	3
BG-3	2,5	10	28 hari	3
BG-4	3,0	10	28 hari	3
BG-5	3,5	10	28 hari	3
Total Benda Uji				15

### ***Pembuatan Larutan***

Molaritas (M) adalah besaran yang digunakan untuk menyatakan nilai konsentrasi atau kepekatan suatu larutan. Molaritas (M) juga merupakan suatu larutan untuk menyatakan jumlah mol zat yang terlarut dalam tiap liter larutan (Hendryani dan Herlina, 2019). Dalam penelitian ini digunakan sodium hidroksida (NaOH) sebesar 10 M. Untuk mendapatkan massa NaOH yang diperlukan dengan molaritas tersebut dipergunakan rumus perhitungan di bawah ini :

$$\text{Massa NaOH} = V \times M \times Mr \quad (1)$$

Keterangan:

V = Volume (liter)

M = Molaritas (mol/liter)

Mr = Massa molekul relatif (gram/mol)

Tahapan pembuatan larutan NaOH 10 Molar

- a) Menimbang NaOH 400 gram
- b) Masukkan NaOH 400 gram kedalam labu ukur berkapasitas 1000 cc
- c) Masukkan *aquades* kedalam labu ukur sampai mencapai volume 1000 cc

Langkah mencari jumlah air dalam larutan NaOH 10 M adalah:

- a) Meletakkan gelas ukur diatas timbangan digital
- b) Menekan tombol *tare* pada timbangan digital
- c) Memasukkan NaOH ke dalam gelas ukur sebanyak 400 gram
- d) Menekan tombol *tare* pada timbangan digital
- e) Menuangkan air ke dalam gelas ukur sampai batas 1000 milimeter
- f) Mencatat berat air

Berdasarkan langkah-langkah di atas, didapat kebutuhan air untuk pelarut (*solution*) NaOH 10M adalah 785 gram. Selanjutnya larutan NaOH dicampurkan dengan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  untuk membuat larutan aktivator. Perbandingan NaOH (SH) dan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  (SS) sebesar 1 : 1,5. Jumlah NaOH dikalikan 1,5 untuk mendapatkan berat  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ . Langkah yang sama dilakukan untuk variasi berikutnya dengan mengunci perbandingan Perbandingan NaOH (SH) dan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  (SS).

### Pembuatan Beton Geopolimer

Langkah-langkah pencampuran beton geopolimer sesuai Hardjito & Rangan, (2005) adalah sebagai berikut:

- 1) Menimbang bahan-bahan sesuai *job mix*.
- 2) NaOH dalam bentuk kepingan dimasukkan kedalam *aquadest* dan diaduk selama tiga menit sampai bening.
- 3) Larutan NaOH dituangkan kedalam  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  dan diaduk hingga terlarut.
- 4) *Fly ash* dicampurkan dengan agregat sampai menyatu dalam *concrete mixer*.
- 5) Larutan aktivator dituangkan sedikit demi sedikit pada *fly ash* dan agregat sampai homogen.
- 6) Beton dimasukkan dalam *slump cone* untuk melakukan pengujian *slump flow*. *Slump cone* diletakkan terbalik dengan diameter paling kecil di bawah dan diameter paling besar menghadap atas. Beton dimasukkan dalam 3 lapisan dan ditusuk 25 kali per lapisan. *Slump cone* diangkat lalu diukur diameter beton yang mengalir.
- 7) Beton dituang ke dalam cetakan kemudian dipadatkan dengan cara ditusuk 25 kali per lapisan sebanyak 3 lapisan.
- 8) Beton didiamkan selama 24 jam dalam bekisting. Bekisting dilepas dan beton dirawat pada suhu ruang.

### Perawatan Benda Uji

Menurut SNI 2493-2011b, perawatan benda uji harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- 1) Penutupan setelah penyelesaian, yaitu benda uji ditutup dengan bahan yang tidak mudah menyerap air, tidak reaktif dan dapat menjaga kelembaban sampai saat benda uji dilepas dari cetakan.
- 2) Perawatan untuk pemeriksaan proporsi campuran untuk kekuatan atau sebagai dasar untuk penerimaan atau pengendalian mutu sebagai berikut ini:
  - a. Perawatan awal sesudah pencetakan dijelaskan sebagai berikut ini :
    - Benda uji harus disimpan dalam suhu antara 16°C sampai 27°C dan dalam lingkungan yang lembab selama 48 jam, harus terlindungi dari sinar matahari langsung atau alat yang memancarkan panas,
    - Benda uji dilepas dari cetakan dan diberi perawatan standar,
    - Jika benda uji tidak akan diangkut selama 48 jam, cetakan harus dilepas dalam waktu 24 jam  $\pm$  8 jam dan diberi perawatan standar sampai tiba waktu pengangkutan.
  - b. Perawatan standar sebagai berikut ini :
    - Benda uji silinder diuraikan sebagai berikut ini :
      - i. Dalam waktu 30 menit sesudah dilepas dari cetakan, harus disimpan dalam keadaan lembab pada suhu 23°C  $\pm$  1,7°C,
      - ii. Tidak lebih dari 3 jam sebelum pengujian pada suhu antara 20°C sampai 30°C,
      - iii. Benda uji tidak boleh terkena tetesan atau aliran air.
    - Penyimpanan benda uji dalam keadaan basah, yaitu dengan perendaman dalam air kapur jenuh atau dengan ditutupi kain basah.

### Pengujian X-Ray Fluorescence (X-RF)

Dalam pengujian X-RF dapat mengidentifikasi elemen major, seperti Si, Ti, Al, Fe, Na, K, P, Mg, Ca dan Mn dan elemen minor seperti Ni, Cu, Zn. Elemen major umumnya berkaitan

dengan mineral pembentukan batuan. Dalam analisis X-RF, tidak dapat ditentukan unsur pembentuknya komposisi kuantitatif pada atom penyusunnya. Tahapan kerja untuk analisis X-RF terdiri dari tahapan preparasi dan pengujian. Tahapan pengujian dibantu dengan komputer untuk melaksanakannya.

### ***Pengujian Kuat Tekan***

Setelah benda uji berumur 28 hari, dilakukan pengujian kuat tekan beton dengan menggunakan mesin uji tekan. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan nilai kuat tekan beton berdasarkan hasil *mixing plan* yang telah selesai.

Berdasarkan SNI 1974-2011, kuat tekan beton dapat diuji dengan:

- 1) Timbang dan ukur benda uji
- 2) Jalankan acian pada benda uji
- 3) Letakkan sampel pada alat uji
- 4) Jalankan penguji stres
- 5) Tunggu sampai benda uji hancur
- 6) Catat beban maksimum yang terjadi selama pengujian
- 7) Hitung kuat tekan beton
- 8) Menghitung kuat tekan beton dengan menggunakan rumus:

$$F'_c = \frac{P}{A} \quad (2)$$

Keterangan:  $F'_c$  = Kuat tekan beton (MPa)  
 $P$  = Beban maksimum (N)  
 $A$  = Luas benda uji (mm<sup>2</sup>)

## **3. Hasil dan Pembahasan**

### ***Hasil Pengujian***

Penelitian agregat dilaksanakan di Laboratorium Utama Karya – Semen Indonesia Sentosa. Seluruh tahap pekerjaan yang direncanakan pada penelitian ini telah dilaksanakan sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan, dimulai dari tahap persiapan bahan dan material, tahap pemeriksaan atau pengujian karakteristik material atau bahan campuran beton, perhitungan campuran beton, pembuatan benda uji, hingga dengan pengujian sifat – sifat mekanik beton.

### ***Hasil Pemeriksaan Agregat Halus***

Pengujian dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan spesifikasi agregat halus yang berasal dari Danau Bingkuang, Kabupaten Kampar. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengujian karakteristik dasar material agregat halus

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan	Standar Spesifikasi
1	Modulus Kehalusan	2,63	1,5 – 3,8
2	Berat Jenis (g/cm <sup>3</sup> )		
	a. <i>Bulk Specific Gravity on Dry</i>	2,59	2,58 – 2,83
	b. <i>Bulk Specific Gravity on SSD</i>	2,61	2,58 – 2,83
	c. Persentase Absorpsi Air (%)	8,38 %	2 – 7%
3	Kadar Organik	No.2	Maks. No.3
4	Kadar Lumpur (%)	2,88%	<5%
5	Berat Volume		
	a. Kondisi Padat	1,53	1,4 – 1,9
	b. Kondisi Gembur	1,48	1,4 – 1,9
6	Kadar Air (%)	4,78%	3 – 5%



Berdasarkan penjabaran di atas, agregat halus yang diambil dari Pangkalan, Sumatera Barat memenuhi spesifikasi teknis dan baik untuk pembuatan benda uji beton. Hanya saja nilai arbsorbsi material cukup tinggi dari standar, dikarenakan daya serap agregat halus termasuk material dengan daya serap yang cukup besar sehingga perlu memperhatikan penambahan air saat pengadukan

### Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

Pengujian dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan spesifikasi agregat kasar yang berasal dari Pangkalan, Sumatera Barat.

Tabel 6. Hasil Pengujian Karakteristik Dasar Material Agregat Kasar

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan	Standar Spesifikasi
1	Modulus Kehalusan	7,35	5,00 - 9,00
2	Berat Jenis ( $\text{g/cm}^3$ )		
	a. <i>Bulk Specific Gravity on Dry</i>	2,65	2,58 – 2,83
	b. <i>Bulk Specific Gravity on SSD</i>	2,66	2,58 – 2,83
	c. Persentase Absorpsi Air (%)	4,98 %	2 – 7%
3	Berat Volume		
	a. Kondisi Padat	1,67	1,4 – 1,9
	b. Kondisi Gembur	1,53	1,4 – 1,9
4	Kadar Air (%)	2,33%	3 – 5%
5	Ketahanan Aus	38,96%	< 40%

Berdasarkan penjabaran diatas, agregat kasar yang diambil dari Pangkalan, Sumatera barat memenuhi spesifikasi teknis dan baik untuk pembuatan benda uji beton. Pada pemeriksaan kadar air agregat kasar nilai yang di dapatkan di bawah dari standar spesifikasi oleh karena itu, perhitungan campuran adukan beton perlu menambah ataupun mengurangi jumlah air ke dalam campuran

### Hasil Pengujian XRF

Pengujian ini menggunakan *fly ash* yang berasal dari sisa pembakaran PLTU Tenayan Raya, Riau. Pengujian XRF ini dilakukan di Laboratorium Kimia Universitas Negeri Padang.

Tabel 7. Hasil pengujian XRF

No.	Senyawa	Kandungan (%)	No.	Senyawa	Kandungan (%)
1.	$\text{Al}_2\text{O}_3$	24,343	14.	$\text{ZnO}$	0,016
2.	$\text{SiO}_2$	47,209	15.	$\text{Ga}_2\text{O}_3$	0,003
3.	$\text{P}_2\text{O}_5$	1,086	16.	$\text{As}_2\text{O}_3$	0,003
4.	$\text{SO}_3$	3,817	17.	$\text{Rb}_2\text{O}$	0,008
5.	$\text{K}_2\text{O}$	1,118	18.	$\text{SrO}$	0,090
6.	$\text{CaO}$	11,099	19.	$\text{Y}_2\text{O}_3$	0,008
7.	$\text{TiO}_2$	0,849	20.	$\text{ZrO}_2$	0,031
8.	$\text{V}_2\text{O}_5$	0,019	21.	$\text{Ag}_2\text{O}$	0,179
9.	$\text{Cr}_2\text{O}_3$	0,010	22.	$\text{In}_2\text{O}_3$	0,155
10.	$\text{MnO}$	0,304	23.	$\text{BaO}$	0,187
11.	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	9,313	24.	$\text{Eu}_2\text{O}_3$	0,127
12.	$\text{NiO}$	0,012	25.	$\text{PbO}$	0,006
13.	$\text{CuO}$	0,008	26.	$\text{Br}$	0,001

### Hasil Perencanaan Campuran Benda Uji

Perencanaan campuran (*mix design*) benda uji dibuat dengan menggunakan berat semen sebagai berat *fly ash* yang dapat dilihat dengan lebih rinci pada Lampiran. Benda uji beton yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari, berjumlah 3 buah silinder pada setiap variasi. Pembuatan benda uji dilakukan dengan menggunakan perbandingan SS dan SH dari 1,5 hingga 3,5.

Tabel 8. Komposisi Campuran Beton

No	Kode Benda	Variasi	Agregat (kg)	Fly Ash	Alkali Activator (Kg)
----	------------	---------	--------------	---------	-----------------------

	Uji	SS/SH	Kasar	Halus	(binder)	NaOH (SH)	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> (SS)
1	BG 01	1,50	22,54	14,66	7,18	1,81	2,72
2	BG 02	2,00	22,54	14,66	7,18	1,51	3,02
3	BG 03	2,50	22,54	14,66	7,18	1,29	3,24
4	BG 04	3,00	22,54	14,66	7,18	1,13	3,40
5	BG 05	3,50	22,54	14,66	7,18	1,00	3,53

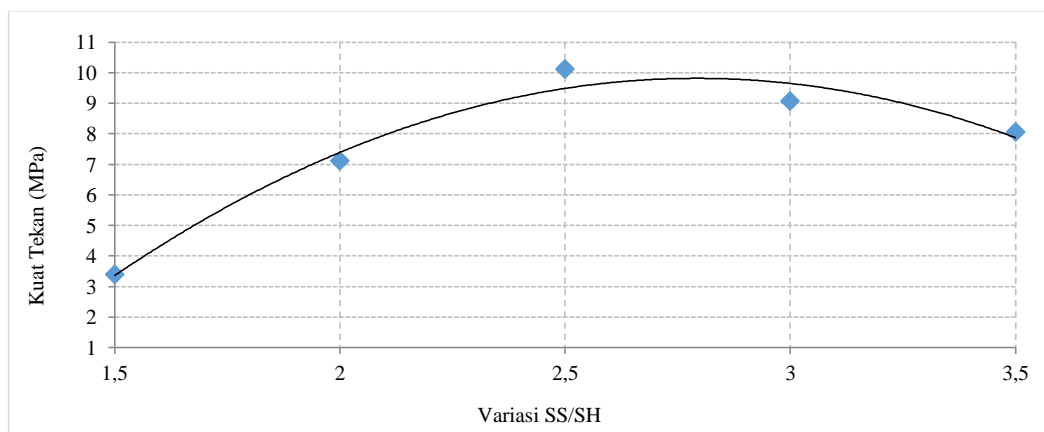
### **Hasil Pemeriksaan Kuat Tekan Beton**

Pengujian ini dilakukan bertujuan untuk melihat kuat tekan beton setelah campuran beton diberi perbandingan campuran SS dan SH yang beragam, yaitu dari 1,5 hingga 3,5. Hasil kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil pemeriksaan kuat tekan beton pada umur 28 hari

Kode	Sampel	Berat (Kg)		Luas (A) (mm <sup>2</sup> )	Bacaan (kN)	Kuat Tekan MPa	Kuat Tekan MPa
		Per benda uji	Rata-Rata				
BG 01	1	11,60	11,67	17671,46	64	3,622	3,40
	2	11,70		17671,46	64	3,622	
	3	11,70		17671,46	52	2,943	
BG 02	1	11,60	11,70	17671,46	140	7,922	7,11
	2	11,60		17671,46	138	7,809	
	3	11,90		17671,46	99	5,602	
BG 03	1	11,90	11,90	17671,46	170	9,620	10,13
	2	11,90		17671,46	184	10,412	
	3	11,90		17671,46	183	10,356	
BG 04	1	11,90	11,90	17671,46	155	8,771	9,07
	2	11,90		17671,46	159	8,998	
	3	11,90		17671,46	167	9,450	
BG 05	1	11,90	11,90	17671,46	135	7,639	8,05
	2	11,90		17671,46	148	8,375	
	3	11,90		17671,46	144	8,149	

Hasil uji kuat tekan beton dengan variasi perbandingan campuran cairan alkali SS/SH 1,5 didapatkan sebesar 3,40 MPa. Untuk variasi selanjutnya yaitu perbandingan SS/SH sebesar 2 didapatkan kuat tekan sebesar 7,11 MPa, lalu variasi perbandingan SS/SH sebesar 2,5 didapatkan kuat tekan sebesar 10,13 MPa, variasi perbandingan SS/SH sebesar 3 didapatkan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 9,07 MPa, dan variasi terakhir dengan perbandingan nilai SS/SH sebesar 3,5 didapatkan kuat tekan sebesar 8,05 MPa. Dapat dilihat pada grafik hasil dari uji kuat tekan beton geopolimer pada Gambar 3.



Gambar 1. Hubungan kuat tekan beton geopolimer dengan perbandingan SS/SH

Berbeda dengan hasil yang dilakukan oleh (Trisna dan Wardhono, 2018) diperoleh kandungan padatan optimum larutan aktivator pada kondisi SS/SH=1,5 dan 0,3. Sedangkan dari hasil pengujian didapat peningkatan terus terjadi dari hasil pengujian kuat tekan beton pada Tabel 8 dan grafik pada Gambar 3, didapatkan kuat tekan tertinggi pada variasi dengan



perbandingan SS/SH sebesar 2,5, kuat tekan beton di dapat adalah 10,13 MPa. Sedangkan nilai kuat tekan beton paling rendah ada pada variasi perbandingan SS/SH sebesar 1,5 dengan nilai kuat tekan beton 3,40 MPa, lebih detailnya dapat dilihat pada Gambar 1. Seiring bertambahnya nilai perbandingan SS/SH bertambah pula nilai kuat tekan beton, hal ini terjadi hingga variasi perbandingan SS/SH sampai 2,5. Lalu pada variasi selanjutnya perbandingan SS/SH sebesar 3 menurun menjadi 9,07 MPa.

### Analisis

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang dilaksanakan terhadap beton geopolimer pada penelitian ini, Pengujian pendahuluan untuk material harus memenuhi spesifikasi SNI untuk dapat merencana mix design rencana DOE, digunakan sebagai rencana bahan campuran beton geopolimer. Untuk *Fly ash* merupakan limbah padat yang dihasilkan dari pembakaran batu bara pada PLTU Tenayan Raya. *Fly ash* dibagi menjadi dua kelas yaitu kelas F dan kelas C. Untuk pengujian *fly ash* yaitu pengujian XRF yang dilakukan di Laboratorium Kimia Instrumen Universitas Negeri Padang. Jumlah kandungan  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  dalam *fly ash* adalah 80,9 %, kandungan  $\text{CaO}$  11,2 % dan kandungan  $\text{SO}_3$  3,8 %. Berdasarkan (ASTM C618- 2014), *fly ash* Tenayan Raya diklasifikasikan sebagai kelas F. Hal ini sama dengan penelitian (Salain, dkk., 2020) yang memiliki *fly ash* kelas F. penggunaan *fly ash* kelas F dalam pembuatan beton geopolimer adalah dengan cara mencampurkan terlebih dahulu material agregat kasar, agregat halus, dan *fly ash*, lalu setelah tercampur merata kemudian pencampuran dengan aktivatornya menurut (Hardjito dan Rangan, 2005).

Pencampuran bahan dimulai dari menimbang kebutuhan agregat yang telah digradasi sesuai dengan *job mix*. Melarutkan NaOH ke dalam air dan mengaduknya selama kurang lebih 3 menit, lalu dinetralkan hingga suhu normal. Larutan NaOH dituangkan kedalam  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  dan diaduk hingga terlarut. Mencampurkan larutan aktivator kedalam *fly ash*, kemudian diaduk hingga menjadi pasta, dan menuangkan ke dalam agregat yang telah dicampur pada *mixer*. Campuran beton diaduk kedalam *mixer* hingga tercampur rata, Pada saat proses pengadukan harus dilakukan dengan teliti dikarenakan *fly ash* saat diberi larutan akan dapat menyerupai agregat, hal ini akan mempengaruhi proses geopolimerisasi yaitu proses bereaksinya kandungan dalam *fly ash* mengakibatkan kuat lekat *binder* yang lemah dan juga mempengaruhi jumlah pori pada beton geopolimer yang akan mempengaruhi kuat tekan beton geopolimer. Kemudian beton dituangkan ke dalam wadah dan dilakukan pengujian *slump* dan *flow*. Beton dicetak pada cetakan beton silinder 15 cm x 30 cm, dan dipadatkan dengan cara ditumbuk 25 kali dalam tiga lapisan. Kemudian, setelah dimasukkan ke silinder biarkan benda uji selama 24 jam sebelum proses perawatan, setelah 24 jam lepaskan benda uji dari bekisting kemudian letakan di suhu ruang untuk proses perawatannya selama 28 Hari sesuai dengan penelitian (Tambingon, dkk., 2018). Kemudian pengujian kuat tekan dilakukan dengan *compression test machine* pada saat umur beton geopolimer 28 hari.

Pengujian kuat tekan dilakukan setelah benda uji berumur 28 hari. Didapatkan kuat tekan rata – rata pada variasi perbandingan SS/SH sebesar 1,5 didapatkan kuat tekan beton sebesar 3,40 MPa, variasi ini juga merupakan variasi dengan nilai kuat tekan beton terendah. Variasi perbandingan SS/SH sebesar 2 didapatkan didapatkan kuat tekan rata-rata beton sebesar 7,11 MPa, Nilai ini naik 1,09% dari variasi sebelumnya. Variasi perbandingan SS/SH sebesar 2,5 didapatkan didapatkan kuat tekan rata-rata beton sebesar 10,13 MPa dimana nilai ini naik maksimal 0,42% dari variasi sebelumnya, variasi ini juga merupakan variasi dengan nilai kuat tekan rata-rata tertinggi. Pada saat perbandingan SS/SH di tambah menjadi 3,0 didapatkan kuat tekan rata-rata beton sebesar 9,07 MPa, berbeda dengan variasi sebelumnya yang memiliki kenaikan kuat tekan, nilai ini menurun sebesar 0,11 % dari sebelumnya, sehingga bisa dikatakan perbandingan SS/SH optimum didapatkan pada variasi 2,5 dan pada saat perbandingan ditambah kembali dengan nilai perbandingan SS/SH sebesar 3,5 didapatkan kuat tekan rata – rata beton sebesar 8,05 MPa nilai ini juga menurun sebesar 0,11% dari variasi sebelumnya. Hal ini mengkonfirmasi spekulasi sebelumnya, bahwa perbandingan SS/SH paling optimum pada penelitian ini adalah 2,5. Pada variasi ini berat

NaOH yang di gunakan sebesar 0,29 kg dan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  sebesar 0,72 kg, komposisi ini adalah komposisi paling optimum pada penelitian ini, sehingga dapat menghasilkan kuat tekan paling tinggi. Berdasarkan SNI 2847:2019, beton struktural mempunyai kuat tekan antara 17 MPa – 40 MPa sehingga beton geopolimer ini tidak termasuk kategori beton struktural dan hanya dapat digunakan sebagai lantai kerja serta penimbunan kembali dengan beton.

Pada penelitian Loekito (2019) dengan perbandingan SS/SH kuat tekan optimum berada pada kondisi rasio 2,5 : 1 ialah 23,21 MPa. Sedangkan, pada hasil pengujian yang sudah dilakukan oleh Trisna dan Wardhono (2018), hasil kuat tekan beton yang didapatkan dengan perbandingan SS/SH sebesar 1,5 dan nilai W/S sebesar 0,4 didapatkan nilai sebesar 42,5 MPa. Untuk variasi perbandingan SS/SH sebesar 3,5 didapatkan nilai kuat tekan beton sebesar 42,47 MPa. Pada penelitian Trisna dan Wardhono (2018) molar yang di gunakan sebesar 12 Molar, sedangkan pada penelitian ini menggunakan molar sebesar 10 Molar. Perbedaan juga terletak pada jenis variasi yang berbeda pada nilai W/S.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian beton geopolimer pada penelitian ini didapatkan kesimpulan yaitu hasil kuat tekan beton geopolimer rata-rata dengan perbandingan SS/SH 1,5 ; 2,0; 2,5; 3,0; dan 3,5 secara berturut-turut adalah 3,40 MPa, 7,11 MPa, 10,13 MPa, 9,07 MPa dan 8,05 MPa. Nilai kuat tekan beton geopolimer dengan nilai perbandingan SS/SH hingga mencapai puncak pada variasi SS/SH 2,5 pada umur 28 hari mendapatkan 10,13 MPa serta mengalami penurunan hingga variasi SS/SH 3,5 dengan nilai kuat tekan 8,05 MPa. Dari hasil tersebut dapat dinyatakan bahwa perbandingan variasi SS/SH pada larutan activator terhadap beton geopolimer menghasilkan konsentrasi tidak linear pada hasil kuat tekan beton.

#### 5. Referensi

- American Standard Testing and Material. (2017). *Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete* (ASTM-C618-03), ASTM, USA.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder* (SNI 1974-2011).
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan* (SNI 2847-2019).
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium* (SNI 2493-2011).
- Badan Standardisasi Nasional. (2000). *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal* (SNI 2834-2000).
- Basuki, A. (2017). *Bahan Tambah Pada Campuran Beton*. <https://sipil.ft.uns.ac.id/?p=853> (diakses tanggal 29 April 2012).
- Ekaputri, J. J., & Damayanti, O. (2007). Sifat mekanik beton geopolimer berbahan dasar fly ash jawa power paiton sebagai material alternatif. *Jurnal Pondasi*, 13(2), 124-134.
- Hardjito, D., & Rangan, B. V., (2005). *Development and Properties of Low-Calcium Fly Ash-Based Geopolymer Concrete* [Research Report GC]. Curtin University of Technology.
- Hendriyani, S. D. A. (2019). Perbandingan Beton Geopolymer Dengan Molaritas 10m Umur 28 Hari Curing Oven Dan Suhu Ruang. *Prosiding Seminar Intelektual Muda*, 1(2).
- Loekito, I. P., & Wardhono, A. (2019). Pengaruh Variasi NaoH Dan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  Terhadap Kuat Tekan Dry Geopolymer Mortar Pada Kondisi Rasio Fly Ash Terhadap Aktifator 2, 5: 1. *Rekayasa Teknik Sipil*, 1(1).
- 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.
- Tambingon, F. R., Sumajouw, M. D., & Wallah, S. E. (2018). Kuat Tekan Beton Geopolymer dengan Perawatan Temperatur Ruangan. *Jurnal Sipil Statik*, 6(9).
- Trisna, V. D., & Wardhono, A. (2018). Pengaruh Kadar Solid Larutan Aktivator Terhadap Kuat Tekan Mortar Geopolimer Berbahan Dasar Abu Terbang (Fly Ash) Dan NaoH 12 M Pada Kondisi Ss/Sh 1, 5 Dan 3, 5 Pada Temperatur Normal. *Rekayasa Teknik Sipil*, 3(3).



# JURNAL REKAYASA KONSTRUKSI MEKANIKA SIPIL

**Efek Penggunaan Supplementary Material Pada Beton, Ditinjau Terhadap Susut Dan Induksi Keretakan Akibat Korosi**

*Gabriel GHEWA*

**Analisis Struktur Portal Baja Dengan Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus (SRBKK) Dengan Menggunakan Peta Gempa 2017**

*Indah Sari SIBAGARIANG, Simon Dertha TARIGAN*

**Studi Beton Geopolimer Dengan Bahan Dasar Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Beton**

*Yussy Afrilia ILYAS, Gusneli YANTI, Lusi Dwi PUTRI*

**Kinerja Angkutan Bus Damri Bandara Pada Rute Plaza Medan Fair - Kualanamu**

*Wira Indah ZEBUA, Charles SITINDAON*

**Pengukuran Seismik Dengan Metode HVSr Untuk Pendugaan Bencana Gempa Bumi**

*Binsar SILITONGA*



**Fakultas Teknik**  
**Universitas Katolik Santo Thomas**  
Jl. Setia Budi No. 479-F Tanjung Sari, Medan



## **Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS)**

Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS) Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas berisi artikel-artikel ilmiah yang meliputi kajian di bidang teknik khususnya Teknik Sipil, seperti matematika teknik, mekanika teknik, analisis struktur, konstruksi baja, konstruksi beton, konstruksi kayu, konstruksi gelas, mekanika tanah, teknik pondasi, hidrologi, hidrolika, bangunan air, manajemen konstruksi, dinamika struktur, *earthquake engineering*, sistem dan rekayasa transportasi, ilmu ukur tanah, struktur bangunan sipil, rekayasa jalan raya, serta penelitian-penelitian lain yang terkait dengan bidang-bidang tersebut.

*Terbit dalam 2 (dua) kali setahun yaitu pada bulan April dan September*

### **Penasihat :**

Rektor Universitas Katolik Santo Thomas

### **Ketua Penyunting (Editor in Chief) :**

Ir. Oloan Sitohang, M.T. (Universitas Katolik Santo Thomas)

### **Manajer Penyunting (Managing Editor):**

Reynaldo, S.T., M.Eng. (Universitas Katolik Santo Thomas)

### **Anggota Penyunting (Editorial Board):**

Dr.-Ing. Sofyan, S.T, M.T. (Universitas Malikussaleh)

Dr. Dwi Phalita Upahita (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi)

Samsuardi Batubara, S.T., M.T. (Universitas Katolik Santo Thomas)

Dr. Janner Simarmata (Universitas Negeri Medan)

### **Mitra Bestari (Peer Reviewer):**

Dr.Eng. Ir. Aleksander Purba, S.T., M.T., IPM, ASEAN Eng. (Universitas Lampung, Indonesia)

Ir. Binsar Silitonga, M.T. (Universitas Katolik Santo Thomas, Indonesia)

Budi Hasiholan, S.T., M.T., Ph.D (Institut Teknologi Bandung, Indonesia)

Ir. Charles Sitindaon, M.T. (Universitas Katolik Santo Thomas, Indonesia)

Dr. Erica Elice Uy (De La Salle University, Philippines)

Dr. Ernesto Silitonga, S.T, D.E.A. (Universitas Negeri Medan, Indonesia)

Prof. Dr-Ing. Johannes Tarigan (Universitas Sumatera Utara, Indonesia)

Dr. Linda Prasetyorini (Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia)

Ir. Martius Ginting, M.T. (Universitas Katolik Santo Thomas)

Dr.Eng. Mia Wimala (Universitas Katolik Parahyangan, Indonesia)

Dr.Eng. Minson Simatupang (Universitas Halu Oleo, Indonesia)

Dr. Mochamad Raditya Pradana (Keppel Marine and Deepwater Technology, Singapura)

Dr. Ir. Shirley Susanne Lumeno, S.T., M.T. (Universitas Negeri Manado, Indonesia)

Dr. Senot Sangadji (Universitas Sebelas Maret, Indonesia)

Ir. Simon Dertha, M.T. (Universitas Katolik Santo Thomas, Indonesia)

Dr. Thi Nguyễn Cao (Tien Giang University, Viet Nam)

### **Ilustrator Sampul:**

Yulianto, ST., M.Eng (Universitas Katolik Santo Thomas, Indonesia)

### **Penerbit & Alamat Redaksi:**

Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas

Jl. Setiabudi No. 479-F Tanjung Sari, Medan 20132

Telp. (061) 8210161 Fax : (061) 8213269

email : sipil@ust.ac.id

## Konten

<b>REKAYASA STRUKTUR</b>	hal.
<b>Efek Penggunaan Supplementary Material Pada Beton, Ditinjau Terhadap Susut Dan Induksi Keretakan Akibat Korosi</b>	61-67
<i>Gabriel GHEWA</i>	
<b>Analisis Struktur Portal Baja Dengan Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus (SRBKK) Dengan Menggunakan Peta Gempa 2017</b>	69-81
<i>Indah Sari SIBAGARIANG, Simon Dertha TARIGAN</i>	
<b>Studi Beton Geopolimer Dengan Bahan Dasar Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Beton</b>	83-92
<i>Yussy Afrilia ILYAS, Gusneli YANTI, Lusi Dwi PUTRI</i>	
<b>REKAYASA TRANSPORTASI</b>	
<b>Kinerja Angkutan Bus Damri Bandara Pada Rute Plaza Medan Fair - Kualanamu</b>	93-101
<i>Wira Indah ZEBUA, Charles SITINDAON</i>	
<b>KEBENCANAAN</b>	
<b>Pengukuran Seismik Dengan Metode HVSR Untuk Pendugaan Bencana Gempa Bumi</b>	103-111
<i>Binsar SILITONGA</i>	

## **Pengantar Redaksi**

Puji dan syukur kami sampaikan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas kasih karuniaNYA kami dapat menyelesaikan penerbitan Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS) Volume 5 Nomor 2 di bulan September tahun 2022 ini. Jurnal ini fokus pada beragam subbidang dalam Teknik Sipil antara lain Rekayasa Struktur, Rekayasa Geoteknik, Rekayasa Transportasi, Teknik Sumber Daya Air, dan Manajemen Konstruksi. Namun, tidak menutup kesempatan bagi subbidang lainnya yang berkaitan dengan keilmuan Teknik Sipil.

Pada edisi ini, kami menerima 5 artikel yang kemudian melewati proses *peer-review* artikel untuk diterbitkan. Kelima artikel tersebut terdiri atas 3 (tiga) artikel dalam topik Rekayasa Struktur, 1 (satu) artikel dalam topik Rekayasa Transportasi, serta 1 (satu) artikel dalam topik Kebencanaan.

Dewan redaksi menyampaikan apresiasi tinggi kepada para penulis yang karyanya diterbitkan pada volume ini, atas kerja samanya merespon komentar dan rekomendasi dari tim editorial dan mitra bestari. Kami menyadari bahwa butuh dedikasi dan investasi waktu untuk menghasilkan karya tulis yang baik dan bermanfaat. Terkhusus, kami berterima kasih kepada para mitra bestari yang dalam kesibukannya masih menyambut permintaan kami dengan penuh dedikasi.

Sebagai penutup, harapan kami adalah semoga JRKMS semakin bermanfaat dan informatif bagi rekan-rekan dan praktisi bidang ketekniksipilan di Indonesia.

Salam hangat dan Salam sehat.

Medan, September 2022

Tim Editorial



**JURNAL REKAYASA KONSTRUKSI MEKANIKA SIPIL**  
| Volume 5 | Nomor 2 | September 2022 |

Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas  
<https://doi.org/10.54367>

