



# PENGARUH KADAR AKTIVATOR 0,33 DAN RASIO SS/SH (2,0-3,0) PADA BETON GEOPOLIMER DENGAN BAHAN DASAR *FLY ASH* TERHADAP KUAT TEKAN

## *EFFECT OF ACTIVATOR LEVEL 0.33 AND SS/SH RATIO (2,0-3,0) IN GEOPOLYMER CONCRETE WITH FLY ASH BASE MATERIAL ON COMPRESSIVE STRENGTH*

Rafilla Hafnan Dahlilliyanto<sup>1</sup>, Agus Setiya Budi<sup>2\*</sup>, dan Endah Safitri<sup>3</sup>

(<sup>1,2,3</sup>) Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta, Jawa Tengah 57126

### Abstrak

Beton geopolimer merupakan beton yang mempunyai reaksi pengikatan yang berbeda dengan beton konvensional. Reaksi yang terdapat pada beton geopolimer adalah reaksi polimerisasi. Beton geopolimer menggunakan limbah hasil pembakaran batu bara yang bernama *fly ash* (abu terbang). Bahan-bahan kimia yang dapat digunakan untuk mengaktifkan reaksi polimerisasi dalam *fly ash* adalah menggunakan kombinasi alkali hidroksida dengan alkali silika. Natrium hidroksida (SH) serta natrium silikat (SS) adalah jenis alkali yang digunakan pada beton geopolimer. Sampel beton yang diterapkan pada penelitian ini adalah silinder dengan dimensi 15 cm x 15 cm x 30 cm dengan kadar aktivator 0,33 serta variasi natrium silikat dan natrium hidroksida sebesar 2,0; 2,5; dan 3,0 yang nantinya akan diuji setelah beton berumur 28 hari. Pengujian yang diterapkan adalah untuk mengetahui nilai kuat tekan pada beton geopolimer dengan rasio variasi SS/SH sebesar 2,0-3,0. Dari hasil pengujian kuat tekan didapatkan bahwa rasio variasi SS/SH 2,0; 2,5; 3,0 masing-masing sebesar 41,06 MPa, 41,33 MPa, dan 45,56 MPa. Berdasarkan hasil kuat tekan didapatkan hasil maksimal dengan menggunakan rasio SS/SH sebesar 3,0 dengan kuat tekan sebesar 45,56 MPa.

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

### Abstract

*Geopolymer concrete is type of concrete that has a different binding reaction compared to conventional concrete. The reaction that occurs in geopolymer concrete is a polymerization reaction. Geopolymer concrete uses waste coal combustion products called fly ash. Chemicals that can be used to activate the polymerization reaction in fly ash are using a combination of alkaline hydroxide with alkaline silica. Sodium hydroxide (SH) and sodium silicate (SS) are the types of alkali used in geopolymer concrete. The concrete sample applied in this study is a cylinder with dimensions of 15 cm x 15 cm x 30 cm with an activator content of 0.33 and variations of sodium silicate and sodium hydroxide of 2.0; 2.5; and 3.0 which will be tested after the concrete is 28 days of age. The tests conducted were to obtain the compressive strength values of geopolymer concrete with a SS/SH variation ratio of 2.0-3.0. From the compressive strength test results, it was determined that the ratio of SS/SH variations 2.0; 2.5; 3.0 was 41.06 MPa, 41.33 MPa, and 45.56 MPa respectively. Based on the results of compressive, the maximum results were obtained by using a SS/SH ratio of 3.0 with a compressive strength of 45.56 MPa.*

**Keywords:** alkali activator, geopolymer concrete, *fly ash*, compressive strength.

## PENDAHULUAN

Setiap tahun, infrastruktur global terus berkembang. Indonesia merupakan satu diantara beberapa negara yang mempunyai peran strategis dalam pembangunan infrastruktur global. Dengan semakin banyak proses pemerataan pembangunan ini,

membuat keberadaan beton yang memiliki karakteristik kuat tekan yang relatif tinggi menjadi salah satu material konstruksi yang sangat populer pada masa ini.

Beton yang memiliki kinerja dan durabilitas tinggi didapatkan dari proses kimia antara beberapa bahan yang dicampurkan. Semen adalah komponen penting dalam pembuatan beton., produksi semen di

(\*)Corresponding author

Telp :  
E-mail : [agussb@staff.ums.ac.id](mailto:agussb@staff.ums.ac.id)  
<http://doi.org/10.33506/rb.v11i01.3615>

Received 02 Agustus 2025; Accepted 18 April 2025; Available online 30 April 2025  
E-ISSN: 2614-4344 P-ISSN: 2476-8928

Indonesia pada tahun 2022 mencapai 116,8 ton (Asosiasi Semen Indonesia, 2023). Produksi semen yang tinggi ini menyebabkan beberapa dampak negatif terhadap lingkungan, salah satunya yaitu kandungan CO<sub>2</sub>. Industri semen merupakan salah satu penyumbang tertinggi emisi karbon yaitu sebesar 7% dari total emisi.

Dengan mengingat tingginya jumlah emisi gas karbondioksida dan semakin majunya perkembangan teknologi, pemanfaatan beton berpotensi untuk lebih inovatif serta ramah lingkungan. Salah satu pilihan yang berpotensi bisa mengalihkan fungsi semen sebagai salah satu bahan baku campuran beton adalah dengan penggunaan beton geopolimer.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh kadar aktivator 0,33 dan rasio SS/SH 2,0; 2,5; dan 3,0 terhadap nilai kuat tekan beton.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Dasar Teori

Beton geopolimer diproduksi tanpa menggunakan semen dalam campuran bahan pengikatnya. Beton geopolimer ini dibuat dengan abu terbang, abu sekam padi, *silica fume*, dan bahan lain yang mempunyai kandungan alumina dan silika untuk pengganti semen portland (Davidovits, 1997). Menurut (Davidovits, 1997), beton geopolimer merupakan senyawa Al-Si anorganik yang terbentuk dari material komoditas samping, seperti abu terbang yang mempunyai banyak kandungan alumina dan silika. Dalam proses pembuatannya, reaksi kimia antara Si<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dan Al<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dan alkali polisilikat natrium silikat nantinya akan memproduksi Si-O-Al dari ikatan polimer yang terjadi.

Variasi binder yang digunakan untuk beton geopolimer ditunjukkan oleh penelitian (Ekaputri dan Triwulan, 2013). Variasi binder yang dipakai adalah variasi 100% *fly ash*, variasi 75% *fly ash* + 25% lusi kering, variasi 75% *fly ash* + 25% *trass*. Hasil menunjukkan bahwa beton geopolimer yang dengan binder *fly ash* sepenuhnya mencapai nilai tertinggi. Pada penelitian ini juga disarankan bahwa molaritas NaOH yang digunakan adalah 8-14 M dan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> 1-2,5 serta untuk binder *fly ash* 100%.

Menurut penelitian Bangun dkk (2021), curing suhu ruang sebesar 32,9 MPa dan molaritas NaOH sebesar 10 M memiliki nilai kuat tekan tertinggi. Selain itu, penelitian ini menunjukkan bahwa *curing* dengan *plastic covering* tidak terlalu efektif untuk mortar geopolimer. Selain itu, pada penelitian ini juga menyatakan bahwa tingginya molaritas yang digunakan maka akan semakin sulit juga dalam pengerjaannya.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Panjaitan dan Herliana (2020), menemukan bahwa berbagai faktor, termasuk molaritas NaOH, suhu *curing*, waktu *curing*, dan rasio alkali aktivator, memengaruhi kekuatan tekan beton geopolimer. Peningkatan molaritas NaOH juga meningkatkan nilai kuat tekan beton dan mempercepat proses ikatan awal, yang membuat proses pembuatan lebih sulit dilakukan. Suhu *curing* dan waktu *curing* juga berpengaruh,

## METODE

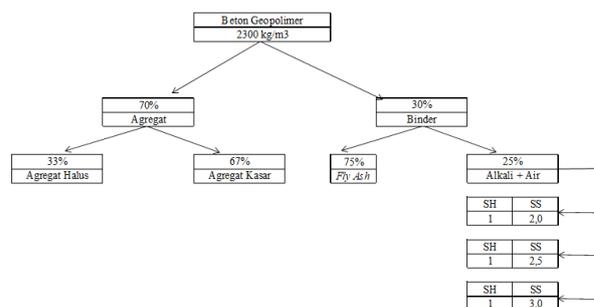
Benda eksperimen yang diterapkan adalah sampel silinder dengan dimensi 15 cm x 15 cm x 30 cm. Benda uji memiliki variasi SS/SH 2,0; 2,5; dan 3,0 masing-masing dengan kadar alkali 25% dan *fly ash* 75% terhadap berat binder beton geopolimer. Beton pada umur 28 hari diuji kuat tekannya. Sampel beton yang akan dipakai terdapat pada tabel 1:

Tabel 1. Sampel Beton Geopolimer

Rasio SS/SH	Umur (Hari)	Keterangan
2,0	28	5
2,5	28	5
3,0	28	5
Total Benda Uji		15

### Mix Design Beton Geopolimer

Rancang campur yang dipakai disesuaikan dengan rancang campur yang digunakan pada saat trial atau pra-penelitian sebelumnya, dan juga mempertimbangkan temuan penelitian sebelumnya. Komposisi rancang campur yang dibuat pada kajian beton geopolimer ini disajikan pada Gambar 1



Gambar 1. Mix Design Beton Geopolimer

### Pengujian Bahan Penyusun Beton Geopolimer

Pengujian bahan dasar beton melibatkan *fly ash*, agregat kasar, dan agregat halus. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa bahan dasar yang digunakan memiliki kualitas yang memadai. Oleh karena itu, dengan kualitas bahan dasar yang baik akan membuat beton geopolimer yang dihasilkan memiliki kualitas terbaik. Pengujian bahan dasar melibatkan pengujian *fly ash*, agregat kasar, dan agregat halus. Pengujian agregat kasar mencakup pengujian gradasi, abrasi, dan *specific gravity*.

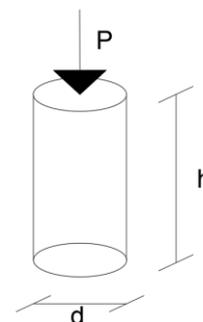
Pengujian agregat halus mencakup pengujian gradasi, kandungan zat organik, dan kandungan lumpur. Pada *fly ash* untuk mengukur persentase unsur kimia yang ada pada dilakukan pengujian *X-Ray Fluorescence* (XRF).

**Pengujian Bahan Penyusun Beton Geopolimer**

Pengujian *workability* beton dilakukan dengan menggunakan pengujian *slump* tegak. Slump test dilakukan dengan mengukur tinggi beton yang dilepas dari cetakan kerucut *abrams*. Pengujian ini dilakukan tentang “Metode Pengujian *Slump* Beton” menurut standar SNI 03-1972-1990.

**Pengujian Kuat Tekan Beton Geopolimer**

Pengujian kuat tekan beton digunakan untuk menentukan beban tertinggi yang dapat ditahan oleh beton. Alat *Compression Testing Machine* (CTM) digunakan untuk pengujian ini. Pengujian ini dilakukan tentang “Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder” mengacu dengan standar SNI 1974:2011.



Gambar 2. Ilustrasi Pengujian Kuat Tekan

$$f'c = \frac{P}{A} \tag{1}$$

Keterangan :

$f'c$  = Nilai kuat tekan (Mpa)

$P$  = *Load* maksimum (N)

$A$  = Luas permukaan benda uji (mm<sup>2</sup>)

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Hasil Uji Bahan Penyusun Beton Geopolimer**

Hasil pengujian bahan penyusun beton geopolimer dapat dilihat dalam tabel 2 dan tabel 3:

Tabel 2. Rekapitulasi hasil pengujian agregat halus

No	Jenis Pengujian	Standarisasi	Hasil Pengujian	Spesifikasi
1	<i>Absorbsion</i>		1,94	
2	<i>Apparent Specific Grafity</i>		2,64	
3	<i>Bulk Specific Gravity</i>		2,51	
4	<i>Bulk Specific Gravity SSD</i>	ASTM C.127	2,56	2,5-2,7
5	Kandungan Lumpur	ASTM C.142	4,20%	<5%
6	Kandungan Zat Organik	ASTM C 40-92	Kuning Muda	Kuning Muda
7	Modulus Kehalusan	ASTM C 136	2,7	1,5<MH<3,8

Tabel 2. Rekapitulasi hasil pengujian agregat kasar

No	Jenis Pengujian	Standarisasi	Hasil Pengujian	Spesifikasi
1	Abrasi	ASTM C.128	27,64	Maks. 40%
2	<i>Absorbsion</i>	ASTM C.131	2,15	Maks. 3%
3	<i>Apparent Specific Grafity</i>		2,64	
4	<i>Bulk Specific Gravity</i>		2,49	
5	<i>Bulk Specific Gravity SSD</i>	ASTM C.127	2,55	2,5-2,7
6	Modulus Kehalusan	ASTM C 33	7,9	6<MH<7,1

Menurut hasil pengujian XRF pada *fly ash* yang di dalamnya terdapat kadar CaO: 7,26% serta kadar  $SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3$ : 77,65% sehingga dapat ditarika kesimpulan bahwa tipe *fly ash* yang diujikan merupakan *fly ash* tipe F.

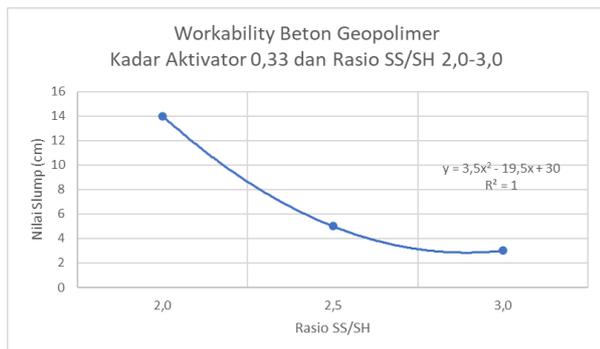
**Hasil Pengujian dan Analisis Data Workability Beton Geopolimer**

Data *slump test* beton geopolimer disajikan pada tabel 4

**Tabel 4.** Rekapitulasi hasil pengujian *slump* pada beton segar geopolimer

No	Kode Sampel	Rasio SS/SH	Nilai Slump (cm)
1	0,33GPC-2,0	2,0	14
2	0,33GPC-2,5	2,5	5
3	0,33GPC-3,0	3,0	3

Berdasarkan hasil *slump test* pada tabel 4., didapatkan grafik hubungan antara nilai *slump* dan variasi rasio SS/SH yang dapat diamati pada gambar 3.



**Gambar 3.** Grafik hubungan antara hasil pengujian *slump* tegak dengan variasi dari rasio SS/SH

Berdasarkan tabel 4. dan gambar 3., terjadi penurunan nilai *slump* seiring dengan peningkatan rasio SS/SH pada beton geopolimer. Penurunan nilai *slump* ini disebabkan oleh semakin kecil kadar air yang digunakan dalam campuran sehingga terjadi penurunan dalam kemampuan campuran dalam menyerap air. Penurunan nilai *slump* dari rasio SS/SH 2,0 ke 2,5 dan dari rasio SS/SH 2,5 ke 3,0 disebabkan oleh meningkatnya  $Na_2SiO_3$  serta menurunnya komposisi NaOH (Sodium Hidroksida) pada campuran beton sehingga mengubah sifat beton segar yang akan semakin pekat.

Dengan nilai *slump* yang mengalami penurunan seiring peningkatan rasio SS/SH, maka akan berpengaruh pada *workability* pada beton. *Workability* diperlukan untuk memudahkan pengerjaan selama pembuatan campuran beton. Pengujian *slump* ini menyimpulkan bahwa semakin besar rasio SS/SH yang digunakan maka akan semakin sulit dalam pengerjaan pembuatan campuran beton geopolimer.

**Hasil Pengujian dan Analisis Data Kuat Tekan Beton Geopolimer**

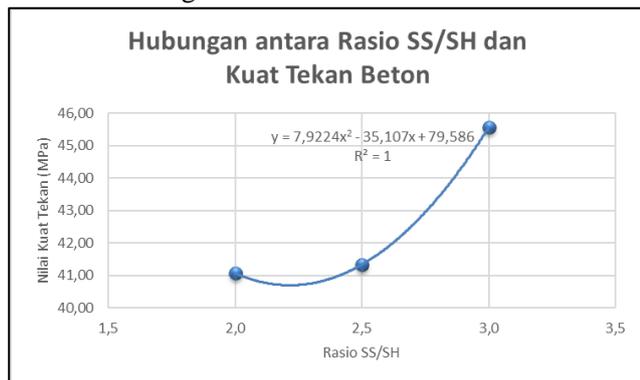
Rekapitulasi pengujian kuat tekan beton geopolimer dengan kadar aktivator 0,33 dan rasio SS/SH 2,0-3,0 bisa diamati dalam tabel 5 sebagai berikut.

**Tabel 5.** Rekapitulasi hasil pengujian kuat tekan beton geopolimer

Benda Uji	Kode Sampel	P (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
0,33GPC-2,0	(1)	729	41,25	41,06
	(2)	742	41,99	
	(3)	744	42,10	
	(4)	726	41,08	
	(5)	687	38,88	
0,33GPC-2,5	(1)	835	47,25	41,33
	(2)	601	34,01	
	(3)	739	41,82	
	(4)	695	39,33	
	(5)	782	44,25	

	(1)	855	48,38	
	(2)	848	47,99	
0,33GPC-3,0	(3)	845	47,82	45,56
	(4)	724	40,97	
	(5)	754	42,67	

Berdasarkan nilai rata-rata kuat tekan beton pada tabel 5, didapatkan grafik hubungan antara variasi rasio SS/SH dan rerata kekuatan tekan beton yang diamati dalam gambar 4.



**Gambar 4.** Hubungan antara Rasio SS/SH terhadap Kuat Tekan Beton

Berdasarkan tabel 5 serta gambar 4, terdapat peningkatan nilai kuat tekan seiring dengan bertambahnya rasio SS/SH. Peningkatan kuat tekan beton pada rasio SS/SH 2,0 terhadap rasio SS/SH 2,5 tergolong kecil yaitu sebesar 0,6%. Kemudian terjadi peningkatan kuat tekan yang cukup signifikan pada rasio SS/SH 2,5 terhadap rasio SS/SH 3,0 yaitu sebesar 9,28%. Nilai kuat tekan pada rasio SS/SH 2,0-3,0 ini menurut SNI 2847:2019 sudah memenuhi standar syarat kuat tekan beton untuk sistem rangka pemikul momen khusus dan dinding struktural khusus dengan nilai minimum sebesar 21 MPa untuk beton normal. Pada hasil pengujian tersebut, nilai kuat tekan maksimum berada pada rasio SS/SH 3,0.

Menurut Ekaputri dan Triwulan (2013),  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  dalam aktivator berkontribusi pada peningkatan kekuatan tekan beton karena reaksi dipercepat selama proses polimerisasi. Pengujian kuat tekan ini menyimpulkan bahwa semakin besar rasio SS/SH yang digunakan maka akan berpengaruh juga dengan semakin tingginya kuat tekan yang dihasilkan.

## KESIMPULAN

Menurut hasil pengujian, analisis data, serta pembahasan telah dilakukan untuk memeriksa *workability* dan kekuatan tekan pada beton geopolimer dengan kadar aktivator 0,33 dan rasio

SS/SH (2,0–3,0) dengan metode *curing* suhu ruang. dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Seiring meningkatnya rasio SS/SH yang diberikan, *workability* pada beton geopolimer mengalami penurunan. Hasil penelitian mendapatkan nilai *slump* pada beton geopolimer dengan variasi rasio SS/SH 2,0; 2,5; dan 3,0 secara berturut-turut adalah 14 cm, 5 cm, dan 3 cm.
2. Nilai rata-rata kuat tekan pada beton geopolimer mengalami peningkatan dengan meningkatnya rasio SS/SH yang diberikan. Hasil menunjukkan rata-rata nilai kuat tekan untuk beton geopolimer rasio SS/SH 2,0; 2,5; dan 3,0 secara berturut-turut adalah 41,06 MPa, 41,33 MPa, serta 45,56 MPa. Nilai rata-rata kuat tekan maksimum yang didapatkan yaitu sebesar 45,47 MPa pada rasio SS/SH 3,0.

## REFERENSI

- Arifin, H., Fajar, M. N., Purwantoro, D. S., Maysyurah, A., & Aris, M. (2024). Pengaruh Penambahan Superplasticizer Terhadap Kuat Tekan Pada Beton Campuran Air Laut. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 6(1), 89–93. <https://doi.org/10.26740/proteksi.v6n1.p89-93>
- ASTM Internasional. (2001). *ASTM C127: Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate*.
- ASTM Internasional. (2004). *ASTM C40-92: Standard Test Method for Organic Impurities in Fine Aggregates for Concrete*.
- ASTM Internasional. (2006). *ASTM C33: Standard Specification for Concrete Aggregates*.
- ASTM Internasional. (2006). *ASTM C618: Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete*.
- ASTM Internasional. (2010). *ASTM C128: Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate*.
- ASTM Internasional. (2010). *ASTM C131: Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine*

- ASTM Internasional. (2014). *ASTM C136: Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates*.
- ASTM Internasional. (2017). *ASTM C142: Standard Test Method for Clay Lumps and Friable Particles in Aggregates*.
- Badan Standardisasi Nasional. (1990). SNI 03-1972-1990: Metode Pengujian Slump Beton
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). SNI 1974:2011: Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 2847:2019: Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan.
- Bangun , A. J., Tarigan , J., & Perwira , A. (2021 ). Pengaruh Variasi Molar pada Kuat Tekan Mortar Geopolimer Berbahan Dasar *Fly Ash* PLTU Pangkalan Susu . *Jurnal Syntax Admiration* , 547-557.
- Davidovits. (1997). *Green Chemistry and Sustainable Development Solutions*. France: Geopolymer Institute.
- Ekaputri , J. J., & Triwulan. (2013). Sodium sebagai Aktivator Fly Ash, Trass dan Lumpur Sidoarjo dalam Beton Geopolimer . *Jurnal Teknik Sipil* , 1-10.
- Ircham, M. (2023, Juni 30). News Page. Retrieved from asi.or.id: <https://asi.or.id/prospek-industri-semen-tahun-2023-dinilai-lebih-cerah/ diakses 20 Februari 2024>
- Panjaitan, P. E., & Herliana, L. (2020). Review Faktor - Faktor Yang Mempengaruhi Karakteristik . *Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS)*, 65-79.
- Setiya Budi, A., Dwi Hermawan, I., & Wibowo. (2024). PENGARUH KADAR AKTIVATOR 0,53 DAN RASIO SS/SH (0,5-1,5) PADA BETON GEOPOLIMER DENGAN BAHAN DASAR FLY ASH TERHADAP KUAT TEKAN. *JURNAL TEKNIK SIPIL : RANCANG BANGUN* , 10(2). <https://doi.org/10.33506/rb.v10i2.3593>
- Setiya Budi, A., Pamungkas, R. P., & Wibowo. (2024). PENGARUH KADAR AKTIVATOR 0,54 DAN RASIO SS/SH (2,0-3,0) PADA BETON GEOPOLIMER DENGAN BAHAN DASAR FLY ASH TERHADAP KUAT TEKAN. *JURNAL TEKNIK SIPIL : RANCANG BANGUN* , 10(2). <https://doi.org/10.33506/rb.v10i2.3570>