



**PENGARUH KADAR AKTIVATOR 0,33 DAN RASIO SODIUM SILIKAT
DENGAN SODIUM HIDROKSIDA (0,5-1,5) PADA BETON GEOPOLIMER
DENGAN BAHAN DASAR *FLY ASH* TERHADAP KUAT TEKAN**

***THE EFFECT OF ACTIVATOR CONTENT 0.33 AND RATIO OF SODIUM
SILICATE TO SODIUM HYDROXIDE (0.5-1.5) IN GEOPOLYMER
CONCRETE WITH *FLY ASH* BASED ON COMPRESSIVE STRENGTH***

Jerricho Fernandez Tampubolon ¹, Agus Setiya Budi ^{2*}, dan Endah Safitri³

^(1,2,3) Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

Abstrak

Beton geopolimer merupakan beton yang memiliki reaksi berbeda dengan beton konvensional yaitu reaksi polimerisasi. Beton ini menggunakan limbah dari hasil pembakaran batu bara yang bernama *fly ash* yang membutuhkan aktivator untuk mengikat campuran dari *fly ash* dengan pasir dan kerikil untuk menjadi sebuah beton inovasi pengganti beton konvensional. Bahan kimia yang dapat digunakan untuk mengaktifkan reaksi polimerisasi pada *fly ash* adalah dengan menggunakan alkali hidroksida dengan alkali silika atau disebut dengan sodium silikat dan sodium hidroksida (SS/SH). Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah eksperimen kuantitatif dan dilakukan pada laboratorium struktur dan bahan dengan benda uji silinder dengan tinggi 30 cm dan diameter 15 cm dengan rasio 0,33 untuk perbandingan alkali dengan *fly ash* dan variasi SS/SH sebesar 0,5 ; 1,0 ; dan 1,5.. Pengujian yang dilakukan adalah untuk mendapatkan nilai kuat tekan pada beton geopolimer dengan rasio variasi SS/SH sebesar 0,5-1,5. Berdasarkan hasil pengujian *slump* dan kuat tekan yang sudah dilakukan didapatkan bahwa rasio variasi SS/SH yang memberikan hasil maksimal adalah dengan menggunakan rasio SS/SH sebesar 1,5 dengan kuat tekan sebesar 41,16 MPa dan nilai *workability* terkecil.

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

Abstract

Geopolymer concrete is concrete that has a different reaction from conventional concrete, namely a polymerization reaction. This concrete uses waste from burning coal called *fly ash* which requires an activator to bind the mixture of *fly ash* with sand and gravel to become an innovative concrete replacement for conventional concrete. Chemicals that can be used to activate the polymerization reaction in *fly ash* are using alkali hydroxide with alkali silica or called sodium silicate and sodium hydroxide (SS/SH). The method used in this research is quantitative experimentation and is carried out in the structure and materials laboratory with cylindrical test objects with a height of 30 cm and a diameter of 15 cm with a ratio of 0.33 for the ratio of alkali to *fly ash* and SS / SH variations of 0.5; 1.0; and 1.5. The test was conducted to obtain the compressive strength value of geopolymer concrete with SS/SH variation ratio of 0.5-1.5. Based on the results of the *slump* and compressive strength tests that have been carried out, it is found that the SS / SH variation ratio that gives the maximum results is to use the SS / SH ratio of 1.5 with a compressive strength of 41.16 MPa and the smallest *workability* value.

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

PENDAHULUAN

Berkembangnya teknologi secara pesat menyebabkan pembangunan infrastruktur berkembang secara signifikan baik dari segi kualitas, waktu, dan kemudahan dalam pekerjaan. Bahan konstruksi yang vital dalam pembangunan infrastruktur adalah beton. Beton berasal dari bahan utama semen dan dalam produksinya menyebabkan pelepasan gas CO₂ dengan jumlah yang sebanding dengan volume semen yang dihasilkan (Setiawati, dkk., 2022). Emisi karbon yang disebabkan dalam

proses pembuatan semen harus dikurangi, oleh karena itu dibutuhkan suatu beton inovasi yang dimana dalam proses pembuatannya menghasilkan sedikit emisi karbon. Salah satu dari beton inovasi itu adalah beton geopolimer yang menggunakan *fly ash* sebagai pengikat utama yang memiliki kandungan alami alumina (Al) dan silika (Si), seperti *fly ash* (Davidovits, 1997).

Pasta beton geopolimer terbuat dari material dasar *fly ash* yang mengandung alumina dan silika yang berperan sebagai *binder* dari beton. *Fly ash* dapat digunakan sebagai material alternatif

(*)Corresponding author

Telp :
E-mail : fernandezjerricho@gmail.com
<http://doi.org/10.33506/rb.v11i01.3622>

Received 04 Agustus 2024; Accepted 28 April 2025; Available online 30 April 2025
E-ISSN: 2614-4344 P-ISSN: 2476-8928

pengganti semen dalam pembangunan infrastruktur (Budiningrum, dkk., 2021). Bahan yang ditambahkan adalah aktivator berupa natrium silikat (SS) dan natrium hidroksida (SH) berupa Na_2SiO_3 dan NaOH bermolaritas 10 M.

Maksud dari penelitian ini adalah bagaimana pengaruh kadar dan rasio aktivator terhadap workabilitas dan kekuatan tekan dari beton geopolimer dengan bahan dasar *fly ash*. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan kepada pembaca mengenai beton geopolimer sebagai beton inovatif.

TINJAUAN PUSTAKA

Campuran semen, agregat kasar dan halus, dan air, dengan tambahan campuran lain disebut dengan beton (Badan Standarisasi Nasional, 2019). Beton adalah tipe konstruksi yang sangat umum digunakan pada industri. Semen *portland* atau semen hidrolik lainnya bertindak sebagai bahan pengikat dan sangat penting dalam produksi beton pada umumnya. (Gandina dan Setiyarto, 2020).

Beton geopolimer memiliki keunggulan seperti memiliki kekuatan tekan yang tinggi, sifat mekanik baik, laju difusi klorida yang rendah, tahan api dan, memiliki ketahanan panas yang stabil (Panjaitan dan Herliana, 2020). Beton geopolimer sama sekali tidak menggunakan semen dalam proses pembuatannya dan memiliki ketersediaan bahan baku yang bahkan melimpah di Indonesia. Semen diganti dengan *fly ash* dan ditambah larutan alkali aktivator yang akan bereaksi dengan kandungan silika dan alumina pada *fly ash* yang kemudian membentuk *binder* beton geopolimer. Beton geopolimer lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan beton konvensional namun juga memiliki beberapa kekurangan yaitu memiliki biaya dan kualitas material yang cukup tinggi serta penyusutan beton yang cukup tinggi juga (Gandina dan Setiyarto, 2020).

Menurut ASRM C618 – 19, *fly ash* diartikan partikel yang terbentuk daripada sisa pengabuan batu bara. Berdasarkan ACI *Manual of Concrete Practice* (1993 Part I 226.3R-3), *fly ash* diklasifikasikan menjadi dua jenis:

- 1) Kelas C
Pembakaran batubara lignit atau sub-bituminus (batubara ringan) yang menghasilkan CaO lebih besar dari 10%
- 2) Kelas F
Pembakaran bitumen batu bara yang menghasilkan *fly ash* dengan kandungan CaO lebih kecil dari 10%

Kekuatan tekan dari beton geopolimer dipengaruhi oleh berbagai aspek, yaitu mulai dari rasio alkali aktivator, suhu yang digunakan dan waktu yang ditentukan berdasarkan proses perawatan, serta molaritas yang dimiliki oleh NaOH (Panjaitan dan Herliana, 2020). Molaritas yang baik dalam pembuatan beton geopolimer adalah dengan NaOH sebesar 10 M – 16 M (Ahmed, dkk., 2021). Nilai rasio SS/SH akan mencapai puncak pada perbandingan 2,5 menggunakan peningkatan temperatur selama 24 jam. Proses pembuatan beton geopolimer juga memiliki banyak metode pembuatan diantaranya adalah secara langsung, terpisah, dan penuangan langsung (Rizky, dkk., 2022).

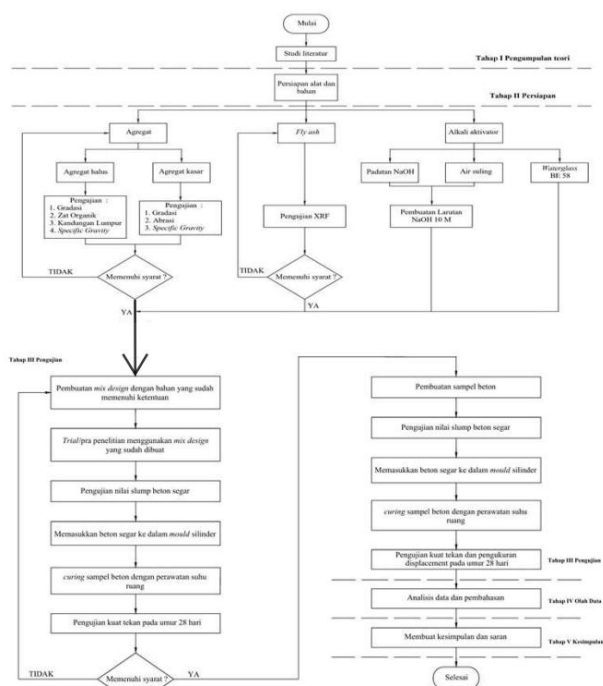
Belum adanya peraturan yang pasti untuk beton geopolimer ini, maka pendekatan desain dilakukan sesuai dengan beton konvensional. Standar teknis yang digunakan sebagai parameter adalah SNI 2847 – 2019 yang menjelaskan bahwa syarat kuat tekan beton untuk umum adalah masing-masing minimum 17 MPa dengan tidak ada batasan nilai maksimum dan beton normal sistem rangka pemikul momen khusus (SPRMK) dengan batasan minimum 21 MPa dan maksimum 35 MPa. Perancangan campuran beton geopolimer ini diharapkan memenuhi syarat yang diberikan oleh SNI.

METODE

Penelitian yang dilakukan adalah penelitian secara eksperimen kuantitatif pada beton geopolimer dengan menggunakan variasi SS/SH 0,5, 1,0, dan 1,5. Penelitian ini memiliki variabel terikat nilai kuat tekan dan variabel bebas rasio aktivator yang digunakan. Pengujian dilaksanakan di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret dengan jumlah benda uji sebanyak 15 buah sampel yang diuji dengan 2 jenis pengujian kuat tekan dan *slump*. Metode pengumpulan data pada proses awal dilakukan melalui studi pustaka dan observasi langsung di lapangan. Observasi secara langsung pada saat uji laboratorium merupakan data primer penelitian ini dengan data sekunder yang diperoleh berdasarkan data supplier *fly ash* dan *alkaline activator*. Penelitian ini memiliki 5 tahapan yaitu :

- 1) Peninjauan
Dilakukan untuk penelitian literatur dari berbagai referensi jurnal penelitian, buku, dan skripsi yang berkaitan dengan beton geopolimer.
- 2) Persiapan
Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan.

- 3) Pengujian
Meliputi semua bagian dari pengumpulan data, pengujian material, pembuatan *mix design*, melakukan *trial* benda uji, serta melakukan pengujian terhadap benda uji.
- 4) Pengolahan Data
Mengolah data yang sudah didapat dari benda uji beton geopolimer.
- 5) Kesimpulan
Penarikan kesimpulan tentang tujuan penelitian dan memberikan rekomendasi untuk pengembangan penelitian yang lebih baik.



Gambar 1. Diagram Alir

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian pada penelitian ini memberikan data pengujian terhadap bahan penyusun beton geopolimer, dilanjutkan dengan contoh data yang akan diuji berupa pengujian kuat tekan dan kemampuan kerja (*workability*) beton geopolimer. Hasil akhir yang didapat dari pengujian material dan benda uji kemudian akan dibandingkan dengan standarisasi yang ada sehingga akan mendapat kesimpulan apakah benda uji sudah sesuai atau tidak sesuai dengan aturan dari pemerintah dan dapat diaplikasikan di lapangan. Pengujian bahan penyusun beton geopolimer menggunakan acuan Standar Nasional Indonesia (SNI), Peraturan Beton Indonesia (PBI), dan *American Society for Testing and Material* (ASTM). Pengujian ini meliputi pengujian gradasi, *specific gravity*, kadar lumpur, kadar zat organik, serta modulus kehalusan pada

pasir dan *split*. Analisis data bahan dasar penyusun dan hasil pengujian workabilitas serta kekuatan tekan beton geopolimer akan ditampilkan dengan bentuk tabel dan grafik.

1) Pengujian Agregat Halus

Pengujian agregat halus memiliki kegunaan penting untuk menentukan kualitas dari material, perencanaan campuran dan penentuan standarisasi untuk pengendalian mutu yang digunakan. Penelitian ini melakukan pengujian pada agregat halus seperti uji berat jenis pada saat kondisi SSD, kadar lumpur, kadar bahan organik; dan koefisien kehalusan. **Tabel 1.** menunjukkan hasil dari pengujian agregat halus seperti :

Tabel 1. Pengujian Agregat Halus

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standarisasi	Spesifikasi
Absorption	1,94	-	-
Apparent Specific Gravity	2,64	-	-
Bulk Specific Gravity	2,51	-	-
Bulk Specific Gravity SSD	2,56	ASTM C 127	2,5-2,7
Kandungan Lumpur	4,20%	ASTM C 142	<5%
Kandungan Zat Organik	Kuning Muda	ASTM C 40-92	Kuning Muda
Modulus Kehalusan	2,7	ASTM C 136	1,5<MH<3,8

Berdasarkan hasil pengujian agregat halus yang sudah didapatkan, maka agregat halus yang digunakan sudah sesuai dengan *American Society for Testing and Material* (ASTM) dan bisa digunakan sebagai bahan penyusun beton geopolimer.

2) Pengujian Agregat Kasar

Agregat kasar diuji dengan pengujian seperti abrasi, modulus kehalusan, serta *specific gravity* dengan kegunaan yang sama dalam penentuan kualitas dan mutu dari beton geopolimer. Rincian data dari pengujian agregat kasar disajikan pada **Tabel 2.** seperti :

Tabel 2. Pengujian Agregat Kasar

Pengujian	Hasil	Standarisasi	Spesifikasi
Abrasi	27,64	ASTM C 131	Maks. 40%
Penyerapan	2,15	ASTM C 128	Maks. 3%
Berat Jenis	2,49		

Curah				
Berat	Jenis	2,64		
Semu				
Berat	Jenis			
Semu	kondisi	2,55	ASTM C 127	2,5-2,7
SSD				
Modulus		7,9	ASTM C 33	6<MH<7,1
Kehalusan				

Berdasarkan **Tabel 2.** didapatkan hasil untuk uji material agregat kasar sudah dapat menjadi penyusun beton geopolimer sesuai dengan *American Society for Testing and Material* (ASTM).

3) Pengujian fly ash

Pengujian *fly ash* ini menggunakan uji *X-Ray Fluorescence* (XRF). Pengujian ini digunakan untuk mendapatkan persentase kandungan kimia dalam *fly ash*. Pada penelitian ini data XRF didapatkan dari data sekunder yang telah diberikan dari pihak penyedia *fly ash* seperti yang ditampilkan pada **Tabel 3.** dan **Tabel 4.** seperti berikut :

Tabel 3. Hasil Pengujian Fly Ash

Parameter	Hasil Pengujian	Metode	Kesimpulan
SiO ₂	46,64		
Al ₂ O ₃	19,42		
Fe ₂ O ₃	11,59		Kadar CaO =
CaO	7,26	ASTM D	7,26%
MgO	4,05	4326-13	Kadar SiO ₂ +
Na ₂ O	4,97		Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ =
K ₂ O	1,9		77,65%
SO ₃	1,7		

Berdasarkan pengujian XRF didapatkan kesimpulan *fly ash* yang digunakan sebagai bahan penyusun beton geopolimer sudah memenuhi standar *American Society for Testing and Material* (ASTM) dan dapat digunakan sebagai bahan penyusun beton geopolimer.

Tabel 4. Klasifikasi fly ash berdasarkan tipe

Tipe	CaO	SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃
Tipe F	<10%	>70%
Tipe C	>10%	>50%

Berdasarkan data hasil pengujian XRF dari PT. Adhi Persada Beton Sayegan sebagai supplier *fly ash* dapat diperoleh bahwa tipe *fly ash* yang diuji merupakan *fly ash* tipe F.

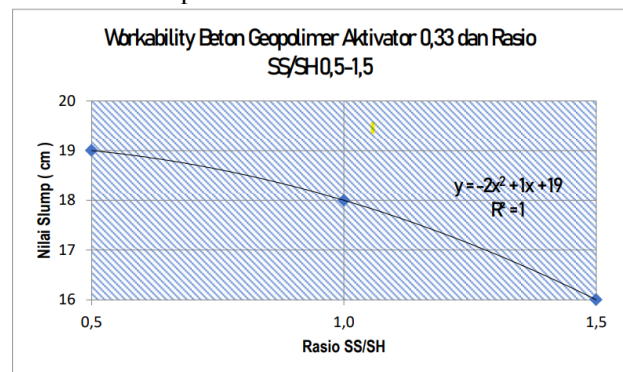
4) Workability Beton Geopolimer

Slump test dilakukan dengan mengukur tinggi beton yang dilepas dari cetakan kerucut *abrams*. Pengujian ini dilakukan menurut “Metode Pengujian *Slump* Beton” dari SNI 03-1972 1990. Rekapitulasi hasil *slump test* beton geopolimer dengan kadar aktivator 0,33 dan rasio perbandingan antara SS/SH (0,5-1,5) dapat dilihat pada **Tabel 5.** seperti :

Tabel 5. Hasil Uji *Slump* Beton Geopolimer

No.	Kode	Rasio SS/SH	Nilai Slump (cm)
1.	0,33GPC-0,5	0,5	19
2.	0,33GPC-1,0	1,0	18
3.	0,33GPC-1,5	1,5	16

Berdasarkan hasil *slump test* pada **Tabel 5.** didapatkan grafik hubungan antara nilai *slump* dan rasio SS/SH seperti :



Gambar 2. Grafik hubungan antara rasio sodium silikat/sodium hidroksida dengan nilai *slump*

Berdasarkan **Tabel 5.** dan **Gambar 2.** Terjadi penurunan nilai *slump* seiring dengan peningkatan rasio alkali aktivator pada beton geopolimer. Penurunan nilai *slump* ini disebabkan oleh meningkatnya Na₂SiO₃ serta menurunnya komposisi NaOH pada campuran beton geopolimer sehingga mengubah sifat beton segar menjadi semakin pekat. Dengan menurunnya nilai *slump* maka akan berpengaruh pada *workability* pada beton geopolimer. Pengujian *slump* ini menyimpulkan bahwa semakin besar rasio SS/SH yang digunakan akan menyebabkan meningkatnya kesulitan dalam pengerjaan.

5) Kekuatan Tekan Beton Geopolimer

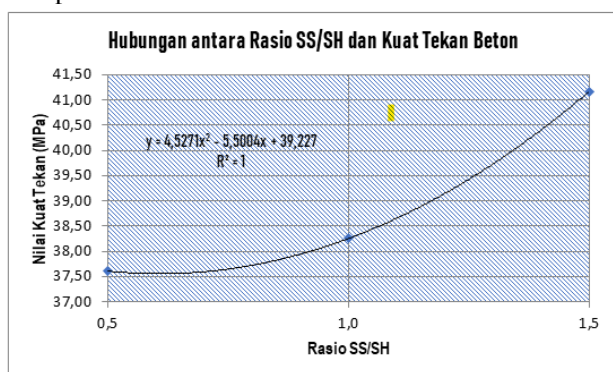
Tujuan dari pengujian kekuatan tekan beton adalah untuk mengetahui seberapa besar beban maksimum yang dapat ditanggung oleh beton. Pengujian kekuatan tekan beton geopolimer diuji dengan cara yang sama dengan beton konvensional yaitu menggunakan alat *compression testing machine* (CTM). Rekapitulasi pengujian kuat tekan beton geopolimer dengan kadar aktivator 0,33 dan

rasio SS/SH (0,5-1,5) dapat dilihat pada **Tabel 6.** seperti :

Tabel 6. Rekapitulasi Pengujian Kuat Tekan Beton 0,33GPC-0,5; 1,0; 1,5

Kode Benda Uji	Kode Sampel	Load (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-rata Kuat Tekan (MPa)
0,33GPC-0,5	(1)	492	27,84	37,61
	(2)	656	37,12	
	(3)	680	38,48	
	(4)	728	41,20	
	(5)	767	43,40	
0,33GPC-1,0	(1)	639	36,16	38,25
	(2)	640	36,22	
	(3)	675	38,20	
	(4)	705	39,89	
	(5)	721	40,80	
0,33GPC-1,5	(1)	601	34,01	41,16
	(2)	730	41,31	
	(3)	748	42,33	
	(4)	774	43,80	
	(5)	784	44,37	

Berdasarkan data kuat tekan yang sudah diperoleh dari pengujian sampel, maka didapatkan grafik hubungan antara rasio SS/SH pada **Gambar 4.** seperti berikut :



Gambar 3. Hubungan antara Rasio Alkali Aktivator terhadap Kuat Tekan

Berdasarkan **Tabel 6.** dan **Gambar 3.**, terdapat peningkatan nilai kekuatan tekan seiring dengan bertambahnya rasio SS/SH pada beton geopolimer. Beton geopolimer dengan variasi SS/SH 0,5; 1,0; 1,5 dalam penelitian ini sudah memenuhi syarat sebagai beton normal dengan kegunaan dinding struktural dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SPRMK) yaitu dengan memiliki kuat tekan lebih minimum 21 MPa.

KESIMPULAN

Hasil penelitian dan analisis perhitungan data yang diperoleh dalam beton geopolimer dengan kadar aktivator 0,33 dan variasi SS/SH 0,5; 1,0; dan 1,5 pada umur 28 hari dengan *curing* suhu ruangan, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Rasio SS/SH pada berat binder beton geopolimer memberikan pengaruh terhadap

workabilitas beton geopolimer. Nilai *slump* untuk beton geopolimer dengan variasi rasio SS/SH 0,5; 1,0; dan 1,5 masing-masing adalah 19 cm, 18 cm, dan 16 cm.

2. Rasio SS/SH memberikan pengaruh terhadap kekuatan tekan beton geopolimer. Nilai kekuatan tekan beton untuk beton rasio SS/SH 0,5; 1,0; dan 1,5 masing-masing adalah 37,61 MPa, 38,25 MPa, dan 41,16 MPa. Nilai kuat tekan maksimum beton geopolimer dengan kadar aktivator 0,33 dengan rasio SS/SH (0,5-1,5) didapat ketika menggunakan perbandingan natrium silikat/natrium hidroksida sebesar 1,5 dengan nilai kekuatan tekan sebesar 41,16 MPa.

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 Absorbtion 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.
- Ahmed, H. U., Mohammed, A. A., Mohammed, A. S., Mosavi, A., Sor, N. A., dan Qaidi, S. M. A. (2021). *Compressive Strength of Sustainable Geopolymer Concrete Composites : A State-of-the-Art Review*.
- Badan Standardisasi Nasional. (1990). SNI 03-1972-1990: Metode Pengujian Slump Beton
- Badan Standardisasi Nasional. (2000). SNI 03-2834-2000: Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal.
- Badan Standardisasi Nasional. (2000). SNI 03-6468-2000: Perencanaan Campuran Tinggi dengan Semen Portland dengan
- .Badan Standardisasi Nasional. (2011). SNI 1974:2011: Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder.
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). SNI 7656:2012: Tata Cara Pemilihan Campuran untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 2847:2019: Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan.
- Budiningrum, D. S., Kustirni, A., Purnijanto, B., Mahasukma, D., Utama, T. Y. (2021). Studi Experimental Kuat Tekan Beton Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash PLTU Tanjung Jati B Jepara. *Bangun Rekaprima* Vol 07, 55-61.
- Davidovits. (1997). *Green Chemistry and Sustainable Development Solutions. France: Geopolymer Institute*
- Gandina, N. L., & Setiyarto, Y. D. (2020). Studi Eksperimental Beton Geopolimer dengan Memanfaatkan Fly Ash Sebagai Pengganti Semen dan Serat MAT Sebagai Aditif. *CRANE*, 26-36.
- Panjaitan, P. E., & Herlina, L. (2020). *Review Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Karakteristik Kuat Tekan Beton Geopolimer*.
- 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>
- Rizky, M., Wiswamitra, K. A., Nurtanto, D. (2022). Perbandingan Metode Pembuatan Beton Geopolimer Terhadap Sifat Mekanik dan Porositas.
- Setiawati, M., Martini S., & Nurulita R. (2022). Variasi Molaritas NaOH dan Alkali Aaktivator Beton Geopolimer. *Jurnal Deformasi* Vol. 7 No. 1.