

# Mortar Geopolimer Menggunakan Limbah Saniter Sebagai Substitusi Parsial *Fly Ash*

MUHAMMAD LUTFI MUBAROK<sup>1</sup>, EUNEKE WIDYANINGSIH<sup>2</sup>,  
SUBARI<sup>3</sup>, JAKAH<sup>3</sup>, INDAH PRATIWI<sup>3</sup>

1. Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung
  2. Dosen, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung
  3. Peneliti, Badan Riset Inovasi Nasional (BRIN), Bandung
- Email: [mlutfimub@gmail.com](mailto:mlutfimub@gmail.com)<sup>1</sup>, [eunekewidya@itenas.ac.id](mailto:eunekewidya@itenas.ac.id)<sup>2</sup>

## ABSTRAK

*Pembangunan infrastruktur di Indonesia mengalami pertumbuhan cepat, termasuk jalan tol, gedung bertingkat, dan rumah. Beton dan mortar menjadi bahan utama. Namun, konsumsi global beton mencapai 8,8 juta ton/tahun, yang mana semen Portland dalam beton berdampak buruk pada lingkungan melalui emisi gas rumah kaca. Solusinya adalah geopolimer dengan silika dan alumina dari fly ash batu bara. Penelitian ini fokus pada pemanfaatan limbah keramik saniter sebagai pengganti sebagian fly ash dalam mortar geopolimer. Tujuannya menciptakan mortar geopolimer ramah lingkungan dengan kinerja baik. Metode eksperimental dilakukan di laboratorium dengan campuran limbah keramik saniter, fly ash, alkali aktivator, dan agregat halus. Pengujian menunjukkan substitusi keramik saniter 25% menghasilkan kuat tekan sebesar 34,18 MPa untuk umur 28 hari. Disarankan persiapkan bahan keramik saniter secara cermat karena proses penghalusan dan penyaringan membutuhkan waktu.*

**Kata kunci:** Mortar geopolimer, kuat tekan, fly ash, keramik saniter.

## ABSTRACT

*Infrastructure development in Indonesia is undergoing rapid growth, encompassing toll roads, multi-storey buildings, and houses. Concrete and mortar serve as the primary components. However, global concrete consumption has reached 8.8 million tons per year, a considerable amount of which is attributed to Portland cement in concrete, resulting in a detrimental environmental impact through greenhouse gas emissions. Geopolymer, derived from silica and alumina extracted from coal fly ash, presents a solution. This study centers on the utilization of sanitary ceramic waste as a partial substitute for fly ash in geopolymer mortar. The objective is to produce environmentally friendly geopolymer mortar with commendable performance. Employing an experimental approach within a laboratory setting, a blend of sanitary ceramic waste, fly ash, alkaline activator, and fine aggregate was prepared. Test results demonstrated that substituting 25% of sanitary ceramics yielded a compressive strength of 34.18 MPa after 28 days. It is advisable to meticulously prepare sanitary ceramic materials due to the time-intensive refining and screening process.*

**Keywords:** Geopolymer mortar, compressive strength, fly ash, sanitary ceramics.

## 1. PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur di Indonesia mengalami peningkatan pesat, termasuk pembangunan jalan tol, gedung bertingkat, dan rumah hunian. Material utama yang digunakan adalah beton dan mortar. Konsumsi dunia untuk beton mencapai 8,8 juta ton per tahun, meningkat seiring kebutuhan infrastruktur. Namun, bahan utama dalam konstruksi beton, yaitu semen Portland, memiliki dampak negatif terhadap lingkungan. Produksi semen Portland berkontribusi pada emisi gas rumah kaca. Untuk mengurangi dampak buruk semen Portland, diperlukan bahan konstruksi alternatif yang ramah lingkungan. Salah satu pilihan adalah material geopolimer yang menggunakan unsur silika dan alumina dari *fly ash*, sisa hasil pembakaran batu bara. Dalam penelitian ini, limbah keramik saniter memiliki unsur silika dan alumina yang dapat dimanfaatkan sebagai pengganti parsial *fly ash* dalam mortar geopolimer. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah keramik saniter dalam pembuatan mortar geopolimer, serta mengkaji karakteristik dan kinerja mortar tersebut. Penggunaan limbah ini diharapkan dapat mengurangi akumulasi limbah konstruksi dan memberikan nilai tambah. Selain itu, diharapkan mortar geopolimer yang dihasilkan memiliki kekuatan tekan yang baik.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 Motar Geopolimer

Geopolimer terbentuk dari bahan dengan kandungan tinggi unsur silika ( $\text{SiO}_2$ ) dan alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), salah satunya adalah *fly ash*, sisa hasil pembakaran batu bara. Mortar geopolimer mengandung *fly ash*, alkali aktivator, dan agregat halus. *Fly ash* digunakan sebagai pengganti semen karena ukurannya mirip dengan semen. Namun, *fly ash* tidak memiliki kemampuan ikatan seperti semen, sehingga diperlukan aktivator seperti natrium hidroksida ( $\text{NaOH}$ ) 8M sampai 14M dan natrium silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) untuk menghasilkan reaksi kimia dan material yang mengikat.

### 2.2 Keramik Saniter

Keramik saniter adalah bahan yang umum digunakan dalam industri konstruksi, terutama di kamar mandi dan toilet. Kandungan utama meliputi tanah liat, pasir, dan bahan aditif. Tanah liat memberikan kekuatan, pasir sebagai pengisi meningkatkan ketahanan fisik, dan aditif memberikan sifat khusus seperti ketahanan terhadap noda dan daya serap rendah. Limbah keramik dapat dikategorikan sebagai pasta putih dari pabrik keramik. Limbah keramik dapat menjadi bahan pozzolan dalam produksi semen dengan suhu sekitar  $900^\circ\text{C}$ .

### 2.4 Alkali Aktivator (Natrium Silikat dan Natrium Hidroksida)

Penelitian ini menggunakan alkali aktivator natrium hidroksida ( $\text{NaOH}$ ) dengan molaritas 14M dan natrium silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) dengan perbandingan 1:3. Natrium hidroksida berinteraksi dengan unsur aluminium dan silika dalam *fly ash*, membentuk ikatan polimer yang kuat, sementara natrium silikat mempercepat proses polimerisasi. Natrium hidroksida banyak digunakan dalam berbagai industri, terutama dalam produksi pulp kayu, kertas, tekstil, sabun, dan lainnya. Dalam geopolimer, natrium hidroksida menciptakan ikatan polimer kuat dengan unsur dalam *fly ash*. Natrium silikat dapat dibuat dengan proses kering atau basah, dan digunakan dalam berbagai aplikasi industri termasuk campuran beton. Dalam penelitian ini, natrium silikat dalam bentuk larutan digunakan sebagai larutan basa yang mempercepat reaksi polimerisasi. Campuran *fly ash* dan natrium silikat membentuk ikatan yang kuat tetapi dengan retakan mikrostruktur, sehingga natrium hidroksida juga ditambahkan sebagai alkali aktivator tambahan.

## 2.6 Agregat Halus

Agregat halus adalah bahan butiran seperti pasir dengan ukuran 4,75mm hingga 0,075mm. Pada penelitian ini, agregat halus yang digunakan adalah pasir dalam pembuatan mortar. Agregat halus harus tajam, permanen, dan memiliki kandungan lumpur di bawah 5%. Pengujian termasuk analisis saringan untuk mengukur ukuran butir dan modulus kehalusan. Pasir yang digunakan harus melewati saringan dengan ukuran No. 16 hingga No. 100. Agregat halus digunakan dalam kondisi SSD (*saturated surface dry*) untuk menjaga kadar air konstan dalam campuran. Berat jenis dan berat isi agregat penting dalam desain mortar, karena mempengaruhi kekuatan dan berat campuran. Pemadatan agregat juga penting sesuai dengan beratnya. Agregat normal harus dipadatkan dengan berat normal, sedangkan agregat ringan dipadatkan dalam keadaan tidak padat. Pemeriksaan Agregat Halus dilakukan dengan pengujian terhadap pasir galunggung yang dilakukan pada penelitian ini meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan, berat isi, kadar lumpur, dan analisis saringan.

**Tabel 1 Hasil Pengujian Agregat Halus**

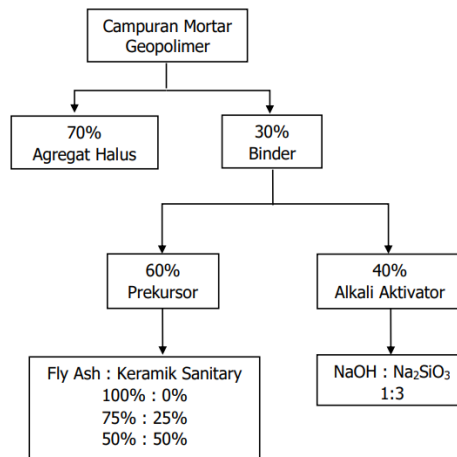
Jenis Pengujian	Hasil
Berat Jenis Semu	2,58%
Berat Jenis Curah	2,42%
Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan	2,48%
Penyerapan Air	2,46%
Modulus Kehalusan	2,70%
Kadar Lumpur	3%
Berat Isi Padat	1,48 gr/cm <sup>2</sup>
Berat Isi Gembur	1,68 gr/cm <sup>2</sup>

## 3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode studi eksperimen atau *trial mix* yaitu dengan melakukan percobaan secara langsung di laboratorium. pelaksanaan penelitian dilaksanakan di Laboratorium Institut Teknologi Nasional Bandung.

Persiapan Material

1. Limbah Keramik Saniter
2. Agregat Halus
3. Alkali Aktivator
4. *Fly Ash*



**Gambar 1 Diagram Alir *Mix Design***

Benda uji dibuat sebanyak 27 sampel kubus dengan ukuran 5x5x5 cm untuk masing-masing variasi untuk pengujian kuat tekan dari umur 7, 14, dan 28 hari. Berikut adalah tabel jumlah sampel penelitian:

**Tabel 2 Variasi Campuran Keramik Saniter**

Variasi	Precursor (%)		Umur Beton (hari)			TOTAL
	Fly Ash	Saniter	7	14	28	
1	100	0	3	3	3	9
2	75	25	3	3	3	9
3	50	50	3	3	3	9
<b>Jumlah</b>						<b>27</b>

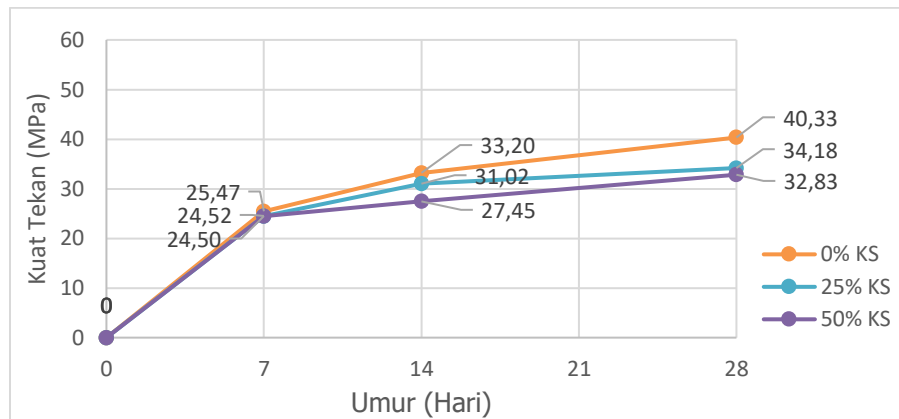
## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pengujian Kuat Tekan

Hasil pengujian kuat tekan dilakukan ketika mortar geopolimer berumur 7, 14, dan 28 hari. Dapat dilihat hasil pengujian kuat tekan mortar geopolimer sebagai berikut :

**Tabel 3 Hasil Uji Kuat Tekan Mortar Geopolimer**

Variasi	Hari	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
1	7	25,467
2		24,521
3		24,499
1	14	33,200
2		31,017
3		27,453
1	28	40,332
2		34,184
3		32,833



**Gambar 1 Grafik Kuat Tekan Terhadap Umur**

Menunjukkan bahwa keramik saniter sebagai prekursor mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7, 14, hingga 28 hari. Namun, dalam variasi 25% dan 50% kandungan keramik saniter, masih memiliki nilai yang rendah dibandingkan geopolimer tanpa substitusi keramik saniter. Hal ini dikarenakan keramik saniter kurang bereaksi dengan alkali aktivator, yang mana kandungan silika dan alumina yang terdapat pada keramik saniter tidak seluruhnya reaktif.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Pengaruh substitusi keramik saniter sebagai binder memiliki kuat tekan yang tinggi pada variasi 25% sebesar 34,18 MPa. Hasil kuat tekan tersebut didapatkan dari substitusi volume keramik saniter dengan *fly ash* yang sedikit sehingga alkali aktivator pada campuran dapat bereaksi dengan baik.

### 5.2 Saran

Sebaiknya menyiapkan bahan dan penyaringan keramik saniter jauh-jauh hari karena memakan waktu yang cukup lama dalam melakukan penghalusan atau penyaringan keramik saniter.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abadou, Y., Kettab, R., & Ghreib, A. (2018). Experimental investigation on the carbonation properties of dune sand ceramic waste mortar. *Journal of Engineering, Design and Technology*.
- Habert, G., Miller, S. A., John, V. M., Provis, J. L., Favier, A., Horvath, A., & Scrivener, K. L. (2020). Environmental impacts and decarbonization strategies in the cement and concrete industries. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1(11), 559-573.
- Mohan Malhotra Symposium. 1994. Editor: Kumar Metha, ACI SP-144. Pp: 383-397. Enhancement of Metakaolin-Based Geopolymer Concrete Using Waste Clay Brick. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 842, No. 1, p. 012009). IOP Publishing.
- Radford, D. W., Grabher, A., & Bridge, J. (2009). Inorganic polymer matrix composite strength related to interface condition. *Materials*, 2(4), 2216- 2227.
- Sanjaya, Andi dan Calvin Yuwono Leindarto, 2006. Komposisi Alkaline Activator dan Fly Ash untuk Beton Geopolimer Mutu Tinggi. Surabaya : Universitas Kristen Petra.